刘保顺 李克庆 袁怀雨 编著

矿产经济学

Mineral Economics

冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



Mineral Economics


ISBN 978-7-5024-5078-6

定价 25.00 元

销售分类建议：矿业工程

矿 产 经 济 学

Mineral Economics

刘保顺　李克庆　袁怀雨　编著

北　京
冶 金 工 业 出 版 社
2009

内 容 提 要

本书介绍了与矿产经济有关的基本经济知识，论述了资源禀赋理论、级差矿租理论、矿产资源价值理论；详细介绍了矿床经济评价、矿山生产技术指标优化的理论和方法；论述了矿业权的资产属性和矿业权的价值，区分了矿业权资产与矿产资源资产，介绍了评价矿业权的三条技术途径。本书可作为地质、采矿专业的教材，可供矿山研究院所、企事业单位的技术人员培训学习用书，也可作为从事矿山评估工作人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

矿产经济学/刘保顺，李克庆，袁怀雨编著. —北京：冶金工业出版社，2009.10

ISBN 978-7-5024-5078-6

Ⅰ. 矿… Ⅱ. ①刘… ②李… ③袁… Ⅲ. 矿业经济—经济学—高等学校—教材 Ⅳ. F407.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 168059 号

出 版 人 曹胜利
地　　址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号，邮编 100009
电　　话 （010）64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn
责任编辑 李 雪 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞
责任校对 白 迅 责任印制 李玉山
ISBN 978-7-5024-5078-6
北京百善印刷厂印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销
2009 年 10 月第 1 版，2009 年 10 月第 1 次印刷
148mm×210mm；7.625 印张；228 千字；233 页；1-2000 册
25.00 元

冶金工业出版社发行部 电话：（010）64044283 传真：（010）64027893
冶金书店 地址：北京东四西大街 46 号（100711） 电话：（010）65289081

前 言

陈希廉教授和张玉衡教授主编的《矿产经济学》于1992年出版后，作为北京科技大学地质、采矿专业本科生、研究生，以及矿业技术干部业务培训的教学参考书，发挥了很好的作用。为反映近年来矿产经济学的发展、相关领域如财会制度的变革及北京科技大学矿产经济科研组的科研新成果，有必要对该书进行修编。

本书简要地介绍了资源禀赋优势理论、马克思地租理论等矿产经济基础理论；介绍了投资、成本、利润、净现金流量、边际成本等基本经济知识；论述了矿山生产技术指标优化的方法和实施步骤。介绍了矿石综合利用经济分析、论述了矿业权和矿产资源资产，对目前矿业权评估中的一些问题提出了自己的见解。

本次修编按照新财会制度对原书中基本经济知识做了较大的改动，还增加了有关矿山技术指标优化软件设计、矿业权评估、矿业税费等内容。第1、2、3章由刘保顺编写；第4、5章由李克庆编写；第6、7、8章基本保持原书第15、6、10章的内容；第9章由袁怀雨和刘保顺编写。全书由刘保顺负责统稿。

本书既可作为高等院校《矿产经济学》教学参考书，也可供从事矿产经济研究的相关人员参考使用。

本书能够和读者见面，受益于北京科技大学出资相助、教务处杨鹏处长的鼎力支持；本书还得到了本课题组前辈也是1992年版《矿产经济学》一书的作者陈希廉教授的大力支持，在此表示衷心的感谢！

由于编者学识和时间所限，本次修订后书中不妥之处，希望同行赐教。

编者：刘保顺　李克庆　袁怀雨

2009年8月

目　录

绪　　论

一、学科来历

矿产经济学是一门矿产地质勘查与开发业（地矿业）的技术与经济学的交叉学科，是“工业技术经济学”的一个分支学科。它研究用于解决矿产勘查、开发生产中的计划、决策、组织、管理中的经济问题，以及矿产勘查、开发生产中与地质、采矿、选矿、冶炼技术相关联的经济问题的理论、方法和技术。

开展矿产经济的研究，出现于20世纪70年代。当时地质界某些学者开始注意到地质工作中有许多经济问题值得研究，通过研究可以提高地质工作的经济效益。在此情况下出现了“地质经济研究”的术语。后来又出现了“地质经济学”学科；而且有关院校开始设置了“地质经济”或者“地质经济学”的课程。学术界建立了“地质技术经济及地质管理现代化研究会”，后又改名为“中国地质经济学会”。但是由于我国研究此领域的地质工作者，原来都是从事与矿产资源有关的工作，如找矿、勘探或者矿山地质工作，其研究内容仅仅局限于与矿产勘查或开发利用有关的技术经济或者管理经济课题，而对其他地质工作如工程地质、水文地质领域的研究尚未涉及，实际上是把矿产经济研究等同于地质经济研究，也把矿产经济学等同于地质经济学。

到了20世纪80年代，我国地质界与外界的交流不断加深加快，才发现西方国家并不存在“地质经济学”这一学科，与我国现有的所谓“地质经济学”研究内容相似的学科名为“矿产经济学”（Mineral Economics）。这时我国有的学者开始提出异议，认为现在的“地质经济学”名不符实，因为它并不包含水文地质、工程地质及环境地质污染等地质经济问题；而且诸如矿床经济评价等研究，也不仅仅与地质工作有关，还必然涉及矿产开发和加工利用中的经济问题，把

这样的研究课题看成只与地质有关，而称之为“地质经济研究”或者作为“地质经济学”的主要内容是不合理的。因此针对矿产经济学问题的有关学科，还是名为“矿产经济学”为妥。

二、学科研究课题

既然矿产经济学是研究用以解决矿产经济问题的理论、原则、方法和手段的学科，就必须进一步阐明矿产经济研究课题的具体内容。我们认为至少应包括以下几方面：

（1）矿产资源形势分析及预测的研究。主要是从地质条件、技术经济条件、生产及需求发展趋势和社会政治因素等方面，采用各种方法，综合分析并预测世界、全国或者某地区范围某种或者几种矿产的资源形势。

（2）矿产资源经济政策的研究。它是在上述第（1）项工作的基础上，进一步做出决策。例如，对于勘查或者开发各种矿产资源投资比例的研究、矿产品价格制定原则的研究、保护矿产资源政策的研究等。

（3）矿产勘查阶段的合理划分及各阶段合理工作程度的研究。任何工作都必须循序渐进，地质勘查工作因其局限性、探索性和风险性，合理划分阶段更为重要。地质勘查工作是对地质体的认识过程，阶段的划分必然要遵循实践——认识——再实践——再认识的规律。地质勘查工作又是工作周期长、投资大、风险大的一种生产工作，应该分阶段根据矿床地质条件的研究和技术经济条件评价，做出后续阶段工作是否值得进行的决策。如果不分阶段，到最后才算总账，若矿床被否定了，就会浪费巨额的投资。因此，必须从经济角度研究勘查阶段的合理划分问题。

各阶段的地质勘查程度不可过高，也不可过低，过高会积压或浪费投资，过低则不能满足后一道工序（如矿山设计）的要求，可能造成更大的浪费。因此，确定合理的勘查程度，也是矿产经济研究的问题之一。

（4）矿床经济评价的研究。所谓矿床经济评价，简单地说，就是根据矿床勘查工作的成果评定矿床未来开发利用的经济价值。其目

的一方面是为国家进行矿产资源的勘查和开发项目取舍的排序决策提供依据；另一方面，它也是其他矿产经济研究工作的基础，如矿山技术指标优化，矿床综合利用的经济评价等，都必须在矿床经济评价的基础上进行。所以，这是矿产经济研究的重要内容。

（5）综合矿产基地经济评价的研究。要建设矿产开发和加工利用的大型联合企业（冶金联合企业、化工联合企业或者建材联合企业），需要有多矿种、多矿床的综合矿产产地以供给各种矿石原料。为了建设选择基地，就要事先对其进行经济评价。此项工作往往是在矿床经济评价基础上进行的，但需综合分析考虑更多的因素。

（6）新型矿产资源经济评价的研究。随着科学技术的新发展、新发现，可供开发利用的矿产资源新品种越求越多。如大洋底部锰结核即是其中之一。对这类新型矿产资源的利用价值做出经济评价，也是矿产经济研究内容之一。

（7）矿产资源综合利用的经济分析及综合评价的研究。许多矿床除了主要有用组分之外，还含有多种伴生的有用组分或有用矿物。在矿产经济研究中，既要从经济上分析哪些组分或矿物具有回收利用价值，还要对其中值得回收者做出经济评价，包括有害组分化害为利的经济评价。

（8）矿产资源勘查、开发投资风险的分析。由于矿床埋藏于地下，而其数量、质量和埋藏条件又变化多端，矿产勘查和开发工作投资风险特别大，所以必须在投资前从经济角度对其投资风险进行分析。

（9）矿产资源勘查、开发投资决策的研究。此项研究往往是在上述某几项研究的基础上，再经过进一步的综合分析或进行多目标决策，最后对勘查或开发某几个矿床做出排序决策或对勘查或开发某矿床做出投资决策。

（10）矿产地质勘查设计方案技术经济分析及优化的研究。过去有些地质部门在矿产勘查设计中，往往主要从地质条件及技术要求出发，来选择勘查手段、布置勘探工程和确定工程网度，而忽视了必要的技术经济和优化研究。实际上，如能进行这方面的研究，常可提高勘查的经济效果，所以这也是值得今后重视的一个矿产经济研究

内容。

（11）提高矿产勘查单位财务管理、成本管理以及经济核算水平的研究。这三方面的工作是相互联系而又有区别的。提高财务管理水平，才能使勘查资金得到合理的利用；提高成本管理水平，才能有效地降低勘查的成本；而提高经济核算水平，才能及时发现勘查单位经营管理中的成绩和存在问题。所以，这三方面的研究都是矿产管理经济研究的重要内容。

（12）矿山技术指标优化的研究。所谓矿山技术指标是指矿床开发中所采用的用以控制生产经营的一些技术参数，包括矿床工业指标，开采的损失率及贫化率的合理匹配、出矿截止品位、年产规模、入选品位，选比（或产率），回收率及精矿品位等。这些参数都与地质因素有关，这些参数确定得是否合理会对矿床开发的经济效果产生明显的影响。在矿产地质勘查阶段，此项研究往往与矿床经济评价结合进行。在矿床开发阶段，一旦采、选工艺技术有较大改进，或生产成本、矿产品价格有较大变动，还要及时进行重新优化的研究。这方面的矿产经济研究，对提高矿产开发的经济效益，意义特别重大。

（13）矿石质量均衡（俗名配矿）优化的研究。这不仅是满足用户对矿石质量要求的技术措施，而且通过经济上的优化分析，还可提高矿山生产经营的经济效益，有时还可多回收矿产资源。

（14）矿产资源储量管理的基础。经济储量、边际经济储量、次边际经济储量理应根据矿产资源是否有经济价值进行划分。因此，矿产资源价值的合理评估，应是储量管理的基础。

（15）矿业权评估的基础。矿产资源价值高低是影响矿业权价格高低的主要因素之一，评估矿产资源价值当然是矿业权评估的基础。

（16）核定合理矿业税费的基础。矿产资源属于国家所有。矿产资源价值必然进入矿产品价值，从而构成矿产品利润的一部分，当然应属国家所有，并由国家以合理矿业税费的形式加以征收。显然，在合理评估矿产资源价值的基础上，才能合理地核定矿业税费标准，既使国有资产收益不会流失，又使矿山企业税赋公平、合理。

（17）矿产资源进入国民经济核算体系的基础。矿产资源是国家经济实力的重要的，而且是基本的组成部分之一。矿产资源要进入国

民经济核算体系（绿色 GDP），当然首先必须评估其价值。

以上各项研究内容，有人又把其划分为矿产技术经济研究与矿产地质管理经济研究；还有的人把其划分为微观地质经济与宏观地质经济研究。例如，上述第（4）、（5）、（6）、（7）、（10）、（12）、（13）项属技术经济研究；第（11）、（16）、（17）项属管理经济研究；第（1）、（2）项属宏观经济研究；第（11）、（12）项属微观经济研究；但是，有些研究难以截然划分。

三、矿产经济问题的特殊性

矿产经济学之所以必须成为一门独立的学科，而不同于一般的工业经济学，是因为矿产经济问题有其特殊性。这些特殊性表现为：

（1）矿产资源的自然差异性。绝大多数矿产资源都是在人类出现以前经过漫长的地质年代自然形成的，而且由于形成的地质作用及其过程的复杂性，在不同矿种之间以及同一矿种的不同矿床之间，都存在巨大的差异，而且这种差异是人工难以改变的，这一点不同于其他资源，如森林资源。

正由于存在着这种自然差异性，所以不论是在技术经济研究抑或管理经济研究中，对不同矿种乃至同一矿种的不同矿床，都不能采用相同的技术经济参数。例如，矿床工业指标、采矿的损失率及贫化率、选矿的选比及回收率，以及勘查、采矿、选矿的成本等，都不能采用同样的数据。同样也是由于这种差异性，对于勘查、采矿和选矿经济效果的好坏也难以用同样的指标来衡量；也正是由于这个特殊性，在矿产经济学中才会出现有关级差矿利的理论及级差矿利法的评价方法。

（2）对矿产资源认识的不完整性。由于大部分矿产资源都是埋存于地下，我们只能根据地表露头和少量的探矿工程来了解其储量、质量以及埋藏条件，或用物探、化探等手段来间接地了解它的情况。即使应用了钻孔等工程手段，其了解程度也是很低的。例如，对于某些沉积类型的铁矿床，用 100m × 100m 的钻探网度可求 A 级储量，这在地质勘探中已算是高要求的勘探程度了；此时如采用 72mm 孔径的钻孔，它对矿体的揭露面积大约仅为矿体面积的千万分之四。以这样

小的揭露比例来了解矿床，其认识显然不可能是完整的，而且对于A级储量还允许有不大于±10%的误差也说明了这一点。不仅对储量的认识是不完整的，而且对矿体品位、形状、产状等的变化以及围岩、构造等条件的认识，同样也是不完整的。正由于这种情况，所以很多矿产经济课题的研究对象是典型的灰色系统，即同时存在白色信息、黑色信息及非确知信息的系统，因而在研究中可借助于灰色系统论的理论和方法。

(3) 经济分析结论的不确定性和经济决策的风险性。正由于上述认识的不完整性，必然导致矿产经济分析的不确定性程度高于其他工业经济分析，而且还导致矿产经济问题的决策具有更大的风险性。

(4) 矿业生产的多变性。众所周知，在矿床开采过程中，生产的工作面天天在前进，而同一矿床的不同地段其地质特征（如矿石品位、矿体形状、产状以及矿石、围岩的稳固性等）又不相同，因而生产条件也必然经常变化。这种情况显然不同于一般工业生产，这都大大地增加了矿产经济分析的复杂性。同时，由于采矿条件的变化，采出矿石的品位及其他性质也会随之变化，相应地也增加了矿石加工工艺及其经济分析的复杂性。

(5) 矿产资源的不可再生性。严格地说，这是指按人类历史的时间尺度来衡量的不可再生性，如果按地史的时间尺度衡量，则另当别论。由于这个特点，就使得矿产资源比其他资源（如森林、水产等资源）更加珍贵，因而在矿产经济分析和决策中，除了要把经济效益作为主要目标函数外，还必须兼顾资源回收程度及单位产品能耗（目前能源主要来自煤和石油等矿产资源）等决策目标。这样一来，在矿产经济问题的分析研究中，多目标决策就成为经常必须应用的方法。

四、研究矿产经济问题应掌握的原则

(1) 一般经济学理论、方法与专门矿产经济学理论、方法相结合的原则。矿产经济问题既然属于经济问题，在许多方面必然与一般经济问题具有共性，在研究中也必须考虑一般的经济规律，也要应用某些一般经济学的理论和方法来进行研究。但是，由于矿产经济问题

还具有前述的特殊性，因此，在研究中还应根据这些特殊性，建立和应用一些专门适用于矿产经济研究的理论和方法，才能获得更切合实际的结论。例如，在矿床经济评价方面，前苏联采用的是级差矿利法，这种方法与一般工业经济评价中采用的净现值法有相似之处，也应用了货币时间价值的理论及其换算方法；但是，这种方法又考虑了矿产资源的自然差异性，并参照农业上级差地租的理论，才建立了这种方法。利用这种方法进行矿床经济评价显然比利用净现值法进行评价前进了一步。又如在管理经济方面，对于矿床勘查和开发经济效果的衡量，显然不能像一般工厂那样，采用较统一的指标，而必须充分考虑矿床禀赋优势（指品位高低、储量大小、埋藏深浅，采、选难易及地理环境的优劣等）的差异，采用不同的指标；对于矿床开发中的经济效益，应尽可能区分第Ⅰ形态级差矿利与第Ⅱ形态级差矿利。

（2）动态与静态相结合的原则。这个原则包括3层含义：

1）经济评价方法的动、静结合。在矿产经济分析研究中，当采用经济评价法以选择最佳方案时，用动态（计时）评价法与静态（不计时）评价法，往往可得出不同结论。例如，在品位指标优化研究中，利用动态法确定的品位指标常高于静态法所确定的指标。单纯从经济上看，似乎前者更合理，但是却少回收了可利用的矿产资源。究竟应以哪种评价法确定的结果为准，已成为矿产经济学界多年争论不休的问题。根据我们在这类研究中的反复探索，认为只能采用两种评价相结合的办法才能妥善解决此问题。亦即在选取最佳品位指标方案时，把各方案的动态评价结果、静态评价结果，以及其他有关目标函数的计算结果，共同作为决策目标，实行多目标优化决策。在其他某些矿产经济问题的研究中，也可采用与此相似的办法。

2）技术经济参数的动静结合。在矿产经济分析计算中，往往要涉及许多技术经济参数，如开采的损失率和贫化率、选矿的回收率、选比（或产率）及精矿品位，以及生产成本和产品售价等。这里所谓"静态"，是指把这些参数看成常数（如取生产统计中的平均值）参加计算；所谓"动态"，是指在相关参数间建立起数学模型参加计算，以便使各有关参数间形成动态联系。显然，后者可得出更精确的计算结

果，但是却可能使计算过程过于复杂化。根据我们的经验，对此也必须采用动、静结合的办法加以处理。也就是对于某些次要而且变化不大的参数或与其他参数相关不密切的参数，不妨按静态参数处理；而对于主要而且与其他参数相关密切的参数则应建立数学模型参加计算。

3）分析生产条件时的相对动静结合。前已述及矿山生产的条件是天天在变化着的，如果能按照其变动情况来进行经济分析，当然可以得出最精确的结果，但是这样却将使分析计算不胜其烦，甚至成为不可能。唯一的办法是按动、静结合的办法处理，亦即把矿山的生产期限分为若干阶段，把每个阶段内的生产条件视为不变的（亦即静态的），而各阶段之间则按不同生产条件分别分析计算。显然，这种处理办法也体现了动、静结合的原则。

（3）定量分析与定性分析相结合的原则。为了进行矿产经济问题的分析研究，当然必须开展周密的定量计算，以便获得各目标函数的数据。但是，总是有些目标函数是难以定量化的。例如，开发某个矿床对生态环境的影响，对当地经济发展的影响；又如，进出口某种矿产品对国防的影响等都难以定量化，而只能进行定性的分析。还有许多矿产经济决策问题，例如某个靶区是否值得投入探矿工程的决策，不仅要从经济上进行定量的分析，还要根据地质专家的经验，分析成矿的有利条件与不利条件，并确定该靶区探到矿体的可能性如何，以及是否可能探到较大的矿体。多数经验问题是难以定量化的，只能进行定性的分析，在此情况下，就必须进行定性与定量相结合的分析。

（4）微观效益与宏观效益相结合的原则。所谓微观效益，是指从某企业角度考虑的效益；而宏观效益，是指从国家整体利益考虑的效益，包括经济效益与社会效益。在某些情况下，如当矿产品价格过低时，会出现企业经济评价结论与国民经济评价结论不一致的情况。例如我们曾对某大型铁矿床进行矿床经济评价，按企业经济评价，无论采用什么工业指标开发该矿床都将出现巨额亏损，而按国民经济评价，则开发该矿床却又是大有可为。在此情况下，我们就按企业经济评价来确定工业指标，尽可能让所确定的指标使企业少亏损，而又根据国民经济评价结论肯定其开发利用价值。这样，在这个评价工作中就把微观效益与宏观效益结合起来了。

1 基础理论

矿产资源价值理论的理论基础是矿产资源禀赋优势理论、马克思主义的价值和使用价值理论、地租理论。价值和使用价值理论为众所周知，在此不再赘述。以下介绍矿产资源禀赋优势理论和马克思主义的地租理论。

1.1 矿产资源禀赋优势理论

“资源禀赋论”是由西方著名经济学家 B. Ohlin 所创立，是用于指导经济和贸易发展的理论，其理论的核心是“赫克歇尔-俄林定理”和“要素-价格均等化定理”。他的观点的核心是，无论地区与地区间，或国家与国家间，都存在着资源禀赋的差别，所以某个地区或国家应优先生产自己具有资源禀赋优势、因而成本较低的产品，并通过贸易换取其他地区或国家具有禀赋优势，因而比自己生产成本低的产品，这样才可得到优势互补的双赢效果。虽然他的学说还有不少缺点，而且也没有具体深入到矿产经济学领域，但是某些概念和原理可供矿产经济学研究借鉴。

陈希廉教授借鉴“资源禀赋论”，提出了矿产资源禀赋优势理论。以下介绍该理论的要点。

1.1.1 矿产资源禀赋优势的概念

矿产资源的禀赋优势是指矿床或矿产在开发前就已具备，并影响其开发的经济效益的某些条件或因素，“禀赋优势”高则开发后取得的效益大。

在提出“矿产资源禀赋优势”这个概念之前，我国矿产经济学界常用到矿床“自然丰度”这个术语，就是指矿床在勘查、开发前就已具备并影响勘查、开发经济效益的某些条件或因素的优劣程度，这已成为矿产经济学界对此术语含义的共识。通常概括地简称为

“富、易、浅、近”程度：“富”是有用组分含量之贫富；“易”是开发条件之难易；“浅”是矿体埋藏之深浅；“近”是距离用户或交通线之远近。其中矿体埋藏深浅是决定开发条件之难易的因素之一，“易”可包含“浅”；而矿石储量之大小这个影响勘查、开发经济效益的重要因素却未包括在内。建议用“大”（矿石储量之大小）取代“浅”，简称为“富、大、易、近”程度。

显然，它们对勘查、开发矿产资源的效益大小有很大影响；从而对矿产资源的价值和矿业权价款高低有很大影响，是矿产经济学的重要研究对象之一，也是矿产经济学研究有别于一般工业技术经济学研究的主要特点之一。但仔细分析就可发现，用这个术语表达上述概念是不严密、不确切的，名不符实。

首先，从“自然丰度”的“自然”这个形容词来看，上述影响矿产资源开发经济效益的条件或因素有些虽然是自然形成的，如矿石储量的大小、矿石中矿物嵌布粒度的粗细等，但有些就不是纯自然或不全是自然形成的。例如，距铁路线的远近，就不是自然的条件，因为铁路线并不是自然界修建的，它是前人进行国土开发的结果；又如，采、选、冶的难易程度，虽然与矿石的自然性质（如矿物的组成及嵌布粒度等）有关，但还取决于采、选、冶的科技发展水平。不乏实例说明，随着采、选、冶技术工艺水平的提高，可以由难转易，所以这个因素也不是纯自然的；甚至一个矿床储量大小这个因素也不是纯自然的，因为随着采、选、冶技术水平的提高，圈定矿体的品位指标可降低，从而储量将增加，甚至从 1 个小型矿床变成 1 个大型矿床。显然，随着经济技术的进步，国土开发程度的提高，矿床的属性是发展变化的，即评判矿床优劣的标准，静止是相对的，运动（动态）才是绝对的。因此，“自然”二字不合适。

其次，“丰度”理应表示丰富的程度，用它表示储量大小或品位高低尚适用，但用它来表示采、选、冶的难易程度，或用以表示距主要运输线远近等，显然就不确切了。

对于“自然丰度”这个术语的上述质疑，并非咬文嚼字和吹毛求疵，而是这个术语涉及到勘查、开发前的矿床，除了凝聚有勘查矿床劳动的价值以外，是否还凝聚有其他前人的劳动价值这个理论问

题；还涉及同一矿床的所谓“自然丰度”是否会随着时间的发展而变等理论问题；而且也涉及这个术语的内涵、外延以及如何计量等问题。

借鉴前述经济学上已有的“资源禀赋”理论，可用矿产资源“禀赋优势”取代“自然丰度”这个术语。理由如下：

(1)“禀赋”可以是大自然赋予，也可以是人为赋予。所以，这个新术语可以包括矿床勘查、开发前即已具备的各种条件和因素，而不仅仅包含自然形成的条件和因素。

(2)“优势”这个词既可包括品位等“丰度”的含义，也可包括非“丰度”所能表达的其他条件和因素的含义。

(3)“资源禀赋”是经济学上早已有之的术语，这个术语所指的资源也包括矿产资源。用矿产资源“禀赋优势”易于为经济学界所理解。

(4) 至今有些人还把“矿床自然丰度”与“元素丰度”混为一谈。采用矿产资源“禀赋优势”这个术语，可以避免这两个概念相混淆，而且“矿床禀赋优势”这个词也易于“顾名思义”地加以理解。

1.1.2 矿床的禀赋要素

所谓矿床禀赋要素就是指影响其禀赋优势的因素或条件，即前述的那些“富、大、易、近”的因素或条件。禀赋要素至少应包括下列项目：

(1) 矿床及矿体的储量。一般来说，储量大的矿床禀赋优势大。但对这个因素不能只考虑全矿床的储量，在一定的条件下单个矿体的储量可能比整个矿床的储量更能体现禀赋优势的差异。假如有两个矿床，储量相同，其他禀赋要素也相近，但是其中一个矿床的储量都集中于一个矿体（如南京梅山铁矿）；而另一矿床其储量却分散于十多个矿体（如某些砂卡岩型铁矿），每个矿体的规模都不大，导致开采的单位成本高而效率低，在此情况下，显然前者的禀赋优于后者。

(2) 矿石的品位。不言而喻品位高者优势大，但还须注意品位的变化系数。

(3) 开采条件。又可细分为：

1）矿体埋藏的深浅。显然浅者优势大。

2）矿体形态的复杂程度。复杂者将增加开采的难度及其损失率、贫化率，而不具优势。

3）矿体的厚度。有人认为储量大小即可反映矿体的厚薄，其实不然，如宣龙式铁矿和宁乡式铁矿，不少矿区储量几亿吨而厚度却不大，厚度小则一般难以采用高效率采矿法。值得注意的是采矿难度最大的常是缓倾斜中厚矿体，以及厚度的变异性。所以厚度这项禀赋要素的优势并不是与矿体的厚薄呈简单的正相关。

4）矿体的倾角。一般说来，倾角陡者更有利于开采，但并非绝对如此，须结合其他条件考虑其禀赋的优劣。

5）矿石及围岩的物理机械性质。包括稳固性、可钻性、可爆性等，而这些性质又是矿石及岩石硬度、脆性、韧性及抗压、抗剪、抗拉强度等与裂隙度构造相结合的综合反映。当然，易凿、易爆的矿、岩，禀赋优势大；但围岩的稳固性却不一定越稳固越好，在一定条件下，具有不稳固围岩的矿体，利于采用有底柱崩落法开采，围岩不稳固反而成为优势。

6）地质构造的复杂程度。复杂者一般不具优势，然而有时褶曲轴部有利于形成厚大矿体；有些断裂构造有利于成矿。

7）水文地质条件的复杂程度。易产生突水事故或开发时涌水量大者，将不利于开采工作，其开采成本高，将降低其禀赋优势。

8）工程地质条件的复杂程度。它将影响到露天矿边坡的稳定性和地下矿地压活动，进而威胁矿山生产的安全；工程地质条件复杂的矿山，为了保证安全将不得不采取一定的措施，导致生产成本上升和效率降低，因而禀赋优势较小。

（4）矿石的选冶及加工性质。可细分为：

1）矿石类型或技术品级。例如，铁矿石中的磁铁矿矿石一般比赤铁矿矿石的选矿成本低而回收率高；但是，对于可直接入炉的高炉富铁矿，赤铁矿矿石的还原性却比磁铁矿矿石还好；又如铜、铅、锌等矿石中，原生的硫化物矿石一般比次生氧化后矿石易选。可见，矿石的矿物组成，将会造成禀赋优势的差别。

2）矿石的结构构造及其中矿物的存在形式、嵌布粒度。这些因

素将影响到磨矿后矿粉中颗粒的解离度，进而影响到选矿的回收率及精矿品位，如嵌布粒度细，将不得不延长磨矿时间使其磨得更细，才能达到分选有用矿物所需的解离度，这将增加生产成本、降低效率。本要素中嵌布粒度是影响禀赋优势的较敏感因素。

3）矿石中共生或伴生有益或有害组分的含量。有害组分品种多或含量高，当然会影响禀赋优势；但是，对于有益组分，情况就很复杂，如能有效回收将增加禀赋优势，否则却有可能变优势为劣势。如钛磁铁矿中的钛，若在选矿中回收程度低而铁精矿中钛的含量太高，将使高炉渣黏度增加而不利于炼铁。

（5）矿床自然地理条件。主要是地形及气候条件，举个极端的例子，如果有个矿床埋藏在珠穆朗玛峰，即使其他禀赋条件再好，它也没有开发价值。

（6）矿区经济地理条件。包括交通运输条件、能源供应、水源供应、原材料或辅助材料的供应、劳动力供应以及商业网点、文教卫生设施等。显然，当矿床所在地区国土开发程度高，资源较配套时，将大大提高矿床的禀赋优势。

1.1.3 矿产资源禀赋优势的来源和分类

矿产资源禀赋优势的来源是有关矿产资源禀赋优势理论中的核心问题。上述种种矿床禀赋优势按其来源可分为3种类型：

（1）纯自然型禀赋优势。例如，假定有两个其他禀赋相似的矿床，但一个矿床处于高山峻岭雪线之上，另一个则处于平原地区，显然，后者较前者具有较大的禀赋优势，而这个优势纯粹来自大自然的地质作用，而不涉及任何人类的劳动加工。我们认为矿床原有的水文地质条件（未进行疏干排水之前）、矿体的倾角大小、矿石中矿物嵌布粒度的粗细、自然地理条件以及经济地理条件中一定区域内自然资源是否配套、各资源点间距离及远近等方面的禀赋，只能来自大自然的赐予，属纯自然型禀赋优势。

（2）非自然型禀赋优势。这是由于前人的劳动积累所形成的优势。例如，如果某矿区处于国土开发程度较高的地区，该地区已形成了交通运输便利、能源、供电充足和职工生活方便等良好的经济地理

环境，这种环境必定会有助于提高矿床开发的经济效益。由于这些有利条件是从前人的劳动积累所获得的，所以可称非自然型禀赋优势。

（3）结合型禀赋优势。这是由于某些自然条件或因素与前人劳动积累（如科技水平的提高）相结合而使矿床具备的某些禀赋优势。例如，对于急倾斜厚矿体（或厚度特别大的缓倾斜矿体），矿石较稳固而围岩不稳固，对具有这种地质条件的矿床，过去的采矿方法效率并不太高，亦即这种矿床并不具有太大的禀赋优势。但是，随着采矿技术及相应设备的进步，出现了无底柱崩落采矿法后，具有这样地质条件的矿床适于采用这种高效率、低成本的采矿法，矿床的禀赋优势就大大提高了。显然，这种禀赋优势的产生，既有自然的因素，又有科技进步的因素，而后者是人类劳动所积累的经验和科学实验相结合的产物。所以，这样的禀赋优势是自然因素或条件与人的因素或条件相结合的结果。

1.1.4　研究矿床禀赋优势的意义

无数矿山生产实践证明，如果有两个同矿种且生产规模、人员、设备及管理水平等条件相近似的矿山，但禀赋优势不同，其生产的经济效益则可以相差悬殊；甚至人员、设备条件及管理水平均较差的矿山反而可取得更好的经济效益。这种特点有异于其他工业部门的情况。显然，这是由于不同矿床间禀赋优势的差异所造成的。因此，阐明矿床禀赋优势的有关理论及禀赋优势等级划分等问题，有助于解决矿产经济中的许多重要问题，例如：

（1）为分析矿产资源和矿业权的价值构成提供理论依据。

（2）有助于解决矿业权的合理计价问题。禀赋优势大的矿床的矿业权价格当然应该高一些。

（3）有助于合理确定矿产资源税的税率。按理矿床禀赋优势大的矿床，其税率应高些，反之则低些，甚至给予免税的优惠，铁矿资源税的征收已开始考虑矿床的禀赋优势，这是很大的进步，但是在禀赋优势的等级划分和各等级相应税率的制定方面仍然存在不少有待解决的问题。

（4）有助于合理考核矿山的经营管理水平。现在有关的矿山领

导部门都苦于难以正确考核矿山的真正经营管理水平，由于矿床禀赋优势的差异，上交利税多的矿山，其经营管理水平不一定就比上交利税少的好，甚至再加上开采的损失率、贫化率以及选矿的回收率等一系列指标进行考核，也很难衡量其实际水平，因为多数指标都或多或少与矿床的禀赋优势有关。测算按其矿床禀赋优势，在平均技术、管理水平下的利税，即可作为考核矿山的真正经营管理水平的依据。

（5）有助于合理统计矿产资源的经济储备。目前我国习惯上用以衡量矿产资源经济储备的价值尺度还是：某矿产储量潜在价值 = 探明储量 × 该矿产品现价。显然，这个价值指标是没有多大实际意义的，因为它既不考虑采、选、冶的回收率，也不考虑其生产成本，而这些因素又是随着矿床的禀赋优势的差异而各不相同的。

（6）有利于矿产资源供需形势的预测。对于一个国家而言，不同时期矿产资源的供需形势预测，是制定有关规划的基础。由于受矿床自身特性及采、选、冶条件的限制，光靠探明储量和远景储量数值，不足以作为预测的基础，必须从矿床的禀赋优势出发，综合衡量资源的可供利用性，才能向国家提供有效的预测基础数据。

（7）有利于矿产资源技术政策的制定。这有两方面的含义：一是有利于矿产资源大系统的合理规划，根据资源分布及其禀赋优势，合理布局工业建设及产业结构，避免资源与工业不匹配，造成运输紧张，能源供应短缺，产、供、销比例失调等矛盾；二是利于确定资金投向，实施倾斜投资政策，刺激“优势资源”以尽快利用。

目前我国已加入 WTO，通过分析我国矿产资源相对于全球资源的禀赋优劣，制定出最佳的矿产资源开发策略，从而合理地利用国内外两种矿产资源。充分利用资源禀赋论中“平衡理论”做出优化配置，从而做出最佳选择。对于那些禀赋优势好的矿产资源，应采取优先开采的策略。但这并不意味着禀赋优势大者应尽量地多生产出口，而禀赋优势劣者都进口。例如，我国钨矿储量世界第一，具有优势，但曾因过量开采、过量出口，造成国际市场钨价大幅下跌，反而使我国蒙受了很大损失。又如我国的铅锌矿和铜矿在全球范围对比，前者具有优势而后者处于劣势，本可以采取充分发挥前者的优势、避免后者的劣势的对策——适当多开发和出口铅锌，进口国外具有优势的

铜，显然可以获得更好的效益。但实际生产中对我国的铅锌和铜矿的禀赋优、劣未及时进行分析，也就未能采取最佳的开发对策。在国内，我国西部多种矿产资源具有优势，但至今开发程度很不够，优势未能充分发挥出来，对其禀赋优势分析、认识不足是重要原因之一。

1.1.5　有关矿产禀赋优势价值计量的问题

这是解决矿产禀赋优势问题中最大的难题，只有解决了禀赋优势计价的问题，才能真正将矿产禀赋优势的理论应用于矿业税费等方面。

可以看出，在确定矿产禀赋优势时，需要考虑的因素很多，这些因素相互联系，相互影响，构成了一个多指标综合评价体系。进行正确的多指标综合评价，需主要解决两个问题：一个是如何在决策评价过程中，将具有不同的量纲，代表不同类型和物理含义的分指标归一化到某一区间而又能最大程度地反映被评估对象的真实水平；另一问题是如何确定综合评估指标中各指标的权数又尽可能排除人为因素的影响。禀赋优势的计量过程如下：

（1）指标体系的建立。尽管指标体系建立的好坏直接影响到评价的结果，但目前对指标体系的建立，都没有一个统一而明确的解决办法。可以以系统论的观点，分析哪些要素与某分项成本相关，确定其相关关系。不能确定相关的，采用逐步回归的方法，剔除无关或不相关的要素。

（2）指标的标准化。在多指标综合评价中，由于各个分指标具有不同的量纲，且类型不同，故指标间具有不可共度性，难以进行直接比较，因此，在综合评价前必须把这些分指标按某种效用函数归一化到某一无量纲区间，显然构造不同的效用函数将直接影响最终的评价结果。目前的效用函数大多数采用［0，1］区间的方法。

（3）定性指标的量化。一些禀赋要素难以量化，如地质构造的复杂程度，如何才能用数据来表示，模糊数学是解决该问题的方法之一。

(4) 权重的确定。权重大小对评估结果十分重要，它反映了各指标相对的重要性。目前确定权重的主要方法有主观赋权法和客观赋权法。所谓主观赋权法，是利用专家或个人的知识或经验，给出权值。这些专家的判断本身也是从长期实际中来的，不是随意设想的，应该说有客观的基础。常用的有：德尔菲法、两两比较法、AHP 法等。客观赋权法是从指标的统计性质来考虑的，它是由调查所得的数据决定的，不需要征求专家们的意见。常用的方法有倒数为权、变异系数为权和复相关系数为权等几种方法。

(5) 采取某种方法，进行综合评价。采取某种综合评价的方法，如模糊综合评价法、聚类分析等，对禀赋优势相近的矿山进行聚类分析或者做出综合评价。

1.2 马克思主义的地租理论

1.2.1 马克思主义地租理论的基本观点

(1) 绝对地租。在资本主义土地私有制条件下，无论租种好地还是坏地，都必须缴纳地租。这种不管租种什么样的土地都必须缴纳的地租，就是绝对地租。

资本主义农业和工业不同，农业资本家不能独吞农业工人创造的剩余价值，而要与土地所有者共同瓜分这些剩余价值。同时，农业资本家所得到的这部分剩余价值的份额，一方面不会大大少于经营工业或商业所能取得的平均剩余价值，否则他就弃农经工或经商；另一方面也不会大大高于经工或经商所能取得的平均剩余价值，否则必有许多工商业资本家弃工或弃商来同他竞争。因此，他所攫取的平均利润，大约相当于经工或经商所能取得的平均利润。而土地所有者以地租形式攫取的那部分剩余价值，则是剩余价值中超过平均利润的超额利润。

既然不管租种什么样的土地都必须缴纳绝对地租，而在正常情况下农业资本家只能用平均利润以上的超额利润来缴纳绝对地租，那么，租种劣等地的农业资本家超过平均利润以上的超额利润是从哪里来的呢？也就是说农业生产中为什么会产生超额利润？因为农产品价

格的形成与工业品不同。工业品的价格取决于社会平均生产条件所决定的生产价格（成本价格加平均利润）。但农业生产离不开土地，土地因肥沃程度、水利条件、交通条件等的不同而有优劣。而土地面积有限，为满足人类的需要，必须有人经营劣等土地。所以农产品的市场价格要超过劣等土地的生产价格，以便经营劣等地的农业资本家能获得平均利润，而且劣等土地所有者能收取地租。否则，劣等土地将无人经营，劣等土地所有者收不到地租也将宁可让土地荒芜而不出租土地。农产品市场价格超过劣等土地农产品生产价格的余额，即超额利润，构成绝对地租。

（2）级差地租。条件较优的土地，因比较肥沃，水利条件或交通方便等，农业工人的劳动生产率高，因而生产价格较低。按劣等土地的生产价格出售农产品必能获得更多的利润——超额利润，这种超额利润会由于农业资本家之间的竞争而以地租形式落入土地所有者手中。这种因土地生产条件较优所产生的超额利润而转化成的地租，随生产条件优劣程度的不同而有差别，称作级差地租Ⅰ。它是较优土地产品生产价格低于劣等土地产品生产价格的余额。

农业资本家如果对土地追加投资以提高劳动生产率，又能多产生一部分超额利润。这种因追加投资，提高劳动生产率所产生的超额利润而转化成的地租，称为级差地租Ⅱ。不论优等地还是劣等地，只要追加投资所获得的较高劳动生产率形成超额利润，在资本主义土地私有制条件下，最终都会转化为级差地租Ⅱ，落入土地所有者手中。但转化的时间和方式与级差地租Ⅰ不完全相同。地租额的高低是在土地出租时在租约中确定的。地租额一经确定后，在租约有效期内，由农业资本家连续追加投资所产生的超额利润，会全部落在农业资本家手里。但到租约期满时，土地可能产生的级差地租Ⅱ，在签订新租约时，就会因地租额的增加全部或部分转归土地所有者占有。因此，农业资本家都是希望签订长期租约，土地所有者则力求签订短期租约，这就表现为农业资本家与土地所有者间争夺级差地租Ⅱ的矛盾。这种矛盾使农业资本家在租约有效期内，为了尽快获得投资收益，往往回避长期性投资，甚至不惜以各种手段

拼命掠夺地力。这正如马克思所说：“资本主义农业的任何进步，都不仅是掠夺劳动者的技巧的进步，而且是掠夺土地的技巧的进步，在一定时期内提高土地肥力的任何进步，同时也是破坏土地肥力持久源泉的进步。”

1.2.2 马克思主义的地租理论适用于矿业

有一种观点认为，对土地可以付“地租”获得土地使用权，在使用中土地不会耗竭、消失，一旦不使用了，可以原物奉还。而矿业对矿产资源的使用目的是要开采，在开采中，矿产资源不断消耗，一旦开采完了，无从归还。据此，矿产资源不能出租，马克思主义的地租理论不适用于矿业。马克思指出，“在一定期限内（例如每年）按契约规定支付给土地所有者即他所使用土地的所有者一个货币额（和货币资本的借入者要支付一定利息完全一样）。这个货币额，不管是为耕地、建筑地段、矿山、渔场、森林等等支付，统称为地租。可见，向矿山所有者也要支付一个货币额，也称为地租，而且，“真正的矿山地租的决定方法和农业地租是完全一样的”。可见马克思的地租理论应该适用于地矿业。其实，房屋、设备在使用中也会不断损耗，最终会失去使用价值、报废，虽然其实物形态没有消失，但已没有收回的价值。这与矿产资源不断消耗，直至开采完了，无从收回，其结果是一样的。房屋、设备可以出租，矿产资源也应可以出租。马克思指出：“地租是为了取得使用自然力或者（通过使用劳动）占有单纯自然产品的权利而付给这些自然力或单纯自然产品的所有者的价格”。开采矿产资源就是“（通过使用劳动）占有单纯自然产品”，当然应向其所有者——国家付给“地租”。即便对矿业不宜用“租”字，也可将付给矿产资源所有者的价格不称为“地租”或“矿山地租”，例如，称之为“矿利”，但马克思主义的地租理论仍适用于矿业，下文仍沿用“矿山地租”，简称“矿租”。

1.2.3 矿产品市场价格的特殊性

马克思主义的地租理论阐述了矿产品市场价格的构成：在社会化

大生产条件下，一般商品的市场价格围绕生产价格波动，生产价格的构成中，成本应为社会平均成本。但矿产资源有其特殊性：矿产资源是自然产物，各地矿产资源具有不同的禀赋优势。若技术、管理水平相同，禀赋优势好的矿山，生产成本低，而禀赋优势差的矿山，生产成本高。但为满足社会对矿产资源的需求，必须开发部分禀赋优势较差的矿山。因此，矿产品生产价格中的成本不能像一般商品那样，取社会平均生产成本，否则，因禀赋优势较差而生产成本高于平均社会生产成本的矿山势必将亏损而得不到开发。因此，矿产品市场价格中的成本应取决于为满足社会对矿产品的需求而不得不开发的禀赋优势最劣等矿山（以下简称“最劣矿山”）按社会平均技术、管理水平的成本，称为“极限费用”。最劣矿山当然也要求至少获得平均利润，同时也须向所有者交费，故矿产品的市场价格必须高于最劣矿山的生产价格。

1.2.4 矿租的类型

按马克思主义的地租理论，地租有绝对地租、级差地租Ⅰ、级差地租Ⅱ。对应矿山则有绝对矿租、级差矿租Ⅰ、级差矿租Ⅱ。

绝对矿租：不考虑垄断价格的特例，以及供求关系的影响，矿产品市场价格与最劣矿山生产价格之差，即付给所有者的绝对矿租。显然，这是一种超过平均利润的超额利润。

级差矿租Ⅰ：某禀赋优势较好的矿山，生产成本低于最劣矿山，它也按市场价格出售矿产品，必然能获得比最劣矿山更多的利润，即极限费用与该矿山按社会平均技术、管理水平测算的生产成本之差额，这就是付给所有者的第一形态级差矿租，也是一种超过平均利润的超额利润。

级差矿租Ⅱ：若某矿山追加投资，采用先进设备、技术、工艺和加强管理，从而提高劳动生产率、资源利用率和矿产品的产量、质量（如精矿品位），使其实际生产成本低于按社会平均技术、管理水平测算的生产成本，二者之差构成另一笔超额利润，此即级差矿租Ⅱ。

以上所述的绝对矿租、级差矿租与价格、成本、平均利润的关系如图 1-1 所示。

图 1-1 绝对矿租、级差矿租与价格、成本、平均利润的关系

2 投资、成本、利润和现金流量

2.1 投资和资产

2.1.1 投资的构成

根据《建设项目经济评价方法与参数》，总投资的构成如图 2-1 所示。

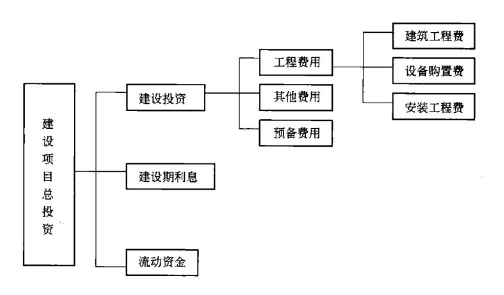


图 2-1 总投资的构成

2.1.2 资产及其分类

建设项目经济评价中应按照有关规定将建设投资中的各项投资分别形成各种资产。

按财政部 1992 年 11 月 30 日颁布的《企业会计准则》第 22 条："资产是企业拥有的或者控制的能以货币计量的经济资源，包括各种财产、债权和其他权利。"该定义中，"拥有"指企业有所有权，是所有者或债权人投入的，或企业购入的；"控制"指企业虽不具有所

有权，但在一定条件、一定时期可以支配。资产必须能以货币计量，否则无法计量和确认其价值，在转化为费用时也无法计量。"经济资源"是指资产能通过生产有价值的产品，再通过该产品与对企业有价值的事物相交换，提供经济效益。

据《企业会计准则》，企业的资产分为固定资产、流动资产、无形资产、递延资产、长期投资和其他资产6种。

(1) 固定资产是指使用年限在一年以上，单位价值在规定标准以上，并在使用过程中保持原来物质形态的资产，包括房屋及建筑物、机器设备、运输设备、工具器具等，在经济上的意义是劳动资料。

构成固定资产原值的费用包括：1）工程费用；2）其他费用；3）预备费用；可含基本预备费和涨价预备费；4）建设期利息。

(2) 流动资金是指为维持生产所占用的全部周转资金。流动资金一次投入，循环使用，项目结束时全部回收。流动资金形成流动资产。流动资产是指可以在一年或者超过一年的一个营业周期内变现或者耗用的资产，包括现金及各种存款、短期投资、应收及预付款项、存货等。

营业周期是指从投入材料和人工到取得收入的时间。

工业企业的存货一般包括原材料、辅助材料、燃料、低值易耗品、在产品、半成品、产成品等。

(3) 无形资产是指企业长期使用而没有实物形态的资产，包括专利权、非专利技术、商标权、商誉、著作权、土地使用权等。

(4) 递延资产是指不能全部计入当年损益、应当在以后年度内分期摊销的各项费用，包括生产准备费、开办费、样品样机购置费和农业开荒费等，本质上是一种费用。

(5) 长期投资是指不能在一年内变现的投资包括股票投资、债券投资和对其他单位的投资。

(6) 其他资产是指特种储备物资、银行冻结存款、冻结物资、涉及诉讼中的资产等。

特种储备物资是指为某种特殊需要而储备的物资，在没有特殊情况时不能动用，企业对其负有保管储备责任。

2.1.3 固定资产

固定资产是生产资料中的劳动资料，工业上包括进行生产必须的厂房、建筑物等。它们的共同特点是：在生产过程中，它们的实体并不加入到所生产的产品中去，它们可以参加多次生产过程而不丧失其实物形态，它们只能在生产过程中逐渐丧失其性能，而它们的价值也是通过多次生产过程逐渐转移到所生产的产品中去。这里必须注意两点：

（1）固定资产不等于不动产。不动产只是固定资产中不能移动的部分，如厂房、土地等。汽车是固定资产，却不是不动产。

（2）不是所有的劳动资料都归入固定资产。为便于管理，我国现行制度规定，列为固定资产的劳动资料应同时具备以下两个条件：

1）使用期限在一年以上；

2）单项价值在规定限额以上，即小型企业 200 元以上；中型企业 500 元以上；大型企业 800 元以上。大、中、小企业划分标准各行各业各不相同，有的以产量为准，有的以总投资为准，国家有统一规定。部分企业类型划分标准见表 2-1。

表 2-1 企业类型划分标准

企业类型	划分标准	大 型	中 型	小 型
铁矿（地下开采）	年产铁矿石/万 t	≥100	30 ~ 100	<30
铁矿（露天开采）	年产铁矿石/万 t	≥200	60 ~ 200	<60
铜 矿	年产矿石/万 t	≥100	30 ~ 100	<30
磷 矿	年产磷矿石/万 t	>100	30 ~ 100	<30
煤矿（地下开采）	年产原煤/万 t	≥100	45 ~ 120	<40
煤矿（露天开采）	年产原煤/万 t	≥400	100 ~ 400	<100
石 油	年产原油/万 t	≥50	10 ~ 50	<10
页 岩	年产矿石/万 t	≥30	6 ~ 30	<6

凡是不同时具备以上两条件的劳动资料，均列为低值易耗品，作为流动资金的一个项目进行管理。

2.1.4 固定资产的分类

固定资产的种类复杂，数量很多；按其用途和使用情况可分为以下5大类：

（1）生产用固定资产。指直接用于或服务于工业生产的固定资产，包括厂房、构筑物、机器设备、大型设备、大型工具仪器和生产用具、运输设备等。

（2）非生产用固定资产。指用于满足职工物质和文化生活需要的各项固定资产、如职工宿舍、食堂、幼儿园、学校、医院等非生产单位使用的房屋、设备、器具等。

（3）未使用固定资产。指基建单位交付使用和专用基金购建完成但尚未投入生产的固定资产、由外部购入尚待安装的固定资产，以及正在进行改建或扩建的固定资产。由于季节性生产和大修理等原因而停止使用的固定资产，以及在车间内替换使用的机器设备，应作为使用中的固定资产。

（4）不需要固定资产。指本企业生产上不需要，已报请上级等待调配处理的各项固定资产。

（5）土地。

2.1.5 固定资产的损耗及其补偿

2.1.5.1 固定资产的损耗方式

固定资产的损耗方式有以下3种：

（1）使用过程中的有形损耗。是指固定资产由于使用而发生的物理性能、几何形状等的改变，其损耗程度主要决定于其工作负荷程度和固定资产本身的质量。此外还受到维修情况、工人熟练程度、装配与安装质量等因素的影响。

（2）自然损耗。由于设备闲置受到自然力的侵蚀而发生的有形损耗，则称为自然损耗。

（3）无形损耗。马克思指出："机器除了有形损耗以外，还有所谓的无形损耗。"无形损耗主要有两种形式。一是因为生产同样的机器的生产费用降低而使原有机器设备贬值，二是因为出现性能更加完

善、效率更高的新机器而使原有机器贬值。

2.1.5.2 固定资产的补偿方式

为了使固定资产保证正常生产，对其损耗必须进行补偿，方式有两种：

（1）小修、中修、大修。部分恢复使用价值，费用计入成本。

（2）更新：全部恢复固定资产的使用价值和价值。

2.1.5.3 折旧

折旧是固定资产因损耗而转移到产品中去的那部分价值。随产品的销售从收入中相应收回这部分货币资金，积累起来形成一项专用基金——折旧费。年年提取，计入当年成本费用，可用于固定资产更新。由于固定资产不断地损耗和折旧，固定资产的价值也不断变化，有原值、重估值、净值和残值之分。

原值：是建造、购置或以其他方式取得该项固定资产时，以及运输、安装中实际发生的全部费用。

重估值：是按新的条件，重新购建该项固定资产所需费用计算的价值。

净值：固定资产原值减去折旧后的价值。

残值：固定资产使用期满时实际具有的价值。虽然此时其净值为0，但仍然可能在使用，故仍具有一定的价值。若已报废不能使用，则残值为0。

2.1.5.4 折旧费的计算

补偿固定资产投资，用于固定资产的更新的费用，称为折旧费。折旧费的计算方法有以下几种：

（1）直线折旧法（又称使用年限法）。将固定资产原值按使用年限平均分摊，每年等额。公式为：

$$D_n = \frac{B_o - L_o}{N} \tag{2-1}$$

式中 D_n——年折旧费；

B_o——固定资产原值；

L_o——扣除预计清理费的预计固定资产残值；

N——预计固定资产使用年限。

（2）单位产量法。此法适用于单位时间（年或月）内产量变动大的固定资产或者企业，计算公式为：

$$D_{n} = \frac{B_{o} - L_{o}}{Q_{T}} \times q_{ti} \tag{2-2}$$

式中 Q_T——历年总产量；

q_{ti}——第 ti 年的产量。

其他符号意义同前。

此方法适用于单位时间（年或月）内产量变动大的固定资产或企业。

（3）年份求和法

计算公式为：

$$D_{n} = \frac{N + 1 - n}{N \times (N + 1)/2} \times (B_{o} - L_{o}) \tag{2-3}$$

式中 n——固定资产使用的年份。

其他符号意义同前。

$\frac{N+1-n}{N\times(N+1)/2}$ 是第 n 年的折旧率，其中分子是随 n 递增而递减，是倒序自然数 N、$N-1$、$N-2$、…、3、2、1，而分母则是这些自然数的和。故按本式可得出对应 n 的递减的各年的折旧率，而各年折旧率之和为100%。

（4）加（双）倍余额递减法

计算公式为：

$$D_{n} = B_{o} \times \left(1 - \frac{T}{N}\right)^{n-1} \times \frac{T}{N} \tag{2-4}$$

式中 T——折旧率倍数，可根据需要确定，一般为 $3 > T > 1$。

其他符号同前。

我国过去实行全行业统一折旧率：有色选厂5%～6%，黑色选厂3%～4%，全国平均3.6%，折旧时间长达27.8年，折旧太慢，不利更新，不利技术进步。改革后平均缩短20%～30%，矿山专用

设备 7 ~ 15 年，计算机 4 ~ 10 年。

固定资产未使用或不需用者，不折旧，但要交占用费。折旧期满仍使用，仍提折旧。

目前我国采矿部门不提折旧简费，而是按产量提维简费，如铁矿提取 18 元/t 矿的维简费。维简费是在 1954 年首先由煤炭生产企业提出的，其一般理解为“维持矿山简单再生产的费用”。之后，财政部发布的一系列文件，均将“维持矿山简单再生产的费用”简称为“维简费”。根据现行政策文件，部分固定资产计提维简费（或更新改造基金），部分固定资产计提折旧。但维简费并不完全等同于折旧。维简费一般包含两个部分：一是已形成的采矿系统固定资产的折旧（折旧性质的维简费），二是维持简单再生产所需资金支出（更新性质的维简费）。

2.2　投资的估算

2.2.1　建设投资的估算

建设投资是项目费用的重要组成，是项目财务分析的基础数据，可根据项目前期研究不同阶段、对投资估算精度的要求及相关规定选用估算方法。按照费用归集形式，建设投资可按概算法或形成资产法分类。

按照概算法分类，建设投资由工程费用、工程建设其他费用和预备费三部分构成。其中工程费用由建筑工程费用、设备购置费用（含工器具及生产家具购置费）和安装工程费构成；工程建设其他费用内容较多，随着行业的不同，项目内容不同。预备费用包括基本预备费用和涨价预备费用。

按形成资产法分类，建设投资由形成固定资产的费用、形成无形资产的费用、形成其他资产的费用和预备费用四部分组成。固定资产费用系指项目投产时将直接形成固定资产的建设投资，包括工程费用和工程建设其他费用中按规定将形成固定资产的费用，后者被称为固定资产其他费用，主要包括建设单位管理费、可行性研究费用、研究试验费用、勘察设计费、环境影响评价费、场地准备及临时设施费、

引进技术和引进设备其他费、工程保险费、联合试运转费、特殊设备安全监督检验费和市政公用设施建设及绿化费等；无形资产费用系指直接形成无形资产的建设投产，主要是专利权、非专利技术、商标权、土地使用权和商誉等。其他资产费用系指建设投资中除形成固定资产和无形资产以外的部分，如生产准备及开办费等。

固定资产投资确定的一般方法有：分项估算法、单位生产能力投资估算法、生产规模指数法和比例估算法。

2.2.1.1 分项估算法

分项估算法是按固定资产类型，分别估算每一类固定资产投资，将各类固定资产投资合计得出固定资产投资。

2.2.1.2 单位生产能力投资估算法

该法是通过参照类似矿山单位生产能力投资额，间接估算评估对象矿山固定投资的方法。

$$I = I_d \times A \times \eta_1 \times \eta_2 \tag{2-5}$$

式中 I——矿山固定资产投资；

I_d——参照矿山单位生产能力投资；

η_1——评估矿山相对参照矿山时间差异系数；

η_2——评估矿山相对参照矿山地域差异调整系数。

2.2.1.3 生产规模指数法

生产规模指数法是通过已建成矿山的投资额，间接估算同类而不同规模项目固定资产投资的方法。

$$I_1 = I_0 \times (S_1/S_0)^n \times \eta_1 \times \eta_2 \tag{2-6}$$

式中 I_1——评估对象矿山固定资产投资；

I_0——参照矿山固定资产投资额；

S_1——评估对象矿山生产能力；

S_0——参照矿山生产能力；

n——生产能力指数；

η_1——评估矿山相对参照矿山时间差异系数；

η_2——评估矿山相对参照矿山地域差异调整系数。

使用该方法，关键是 n 的选取。正常情况下 $0 \leqslant n \leqslant 1$，如果要估

算的矿山生产能力与参照的矿山生产能力相差不大，比值为0.5～2，则指数n的值近似为1；参照的矿山生产能力与估算的矿山生产能力相差不大于50倍，且评估矿山的生产能力的扩大仅靠增大设备规模来达到时，n取值为0.6～0.7，若是靠增加相同规格设备的数量达到时，n值约0.8～0.9。

评估的矿山和参照的矿山生产能力的比（S_1/S_0）即生产能力扩大或缩小的范围不宜过大，一般不超过10倍，并应保持其技术范围和技术工艺的类似性。

2.2.1.4 比例估算法

依据主要工程项目的投资计算出辅助工程等的投资，或采用参照矿山主要工程占固定资产投资的比例，估算评估用固定资产投资的方法。

$$I = I_1/f \tag{2-7}$$

式中 I——评估对象矿山固定资产投资；

I_1——评估对象矿山某主要工程投资额；

f——参照矿山的某主要工程占参照矿山固定投资的比例。

2.2.2 流动资金的估算

流动资金是指生产经营性项目投产后，为进行正常生产运营，用于购买原材料、燃料，支付工资及其他经营费用等所需的周转资金。个别情况或者小型项目可采用扩大指标法。流动资金估算一般采用分项详细估算法。

2.2.2.1 扩大指标估算法

扩大指标估算法是一种简化的流动资金估算方法，一般可参照同类企业流动资金占销售收入、经营成本的比例，或者单位产量占用流动资金的数额估算。虽然扩大指标估算法简便易行，但准确度不高，一般适用于项目建议书阶段的流动资金估算。

（1）按固定资产流动资金率计算

定额流动资金金额 = 固定资产总额 × 固定资产流动资金率

（2）按销售收入流动资金率计算

定额流动资金额 = 年销售收入总额 × 销售收入流动资金率

(3) 按年经营成本(或总成本)流动资金率计算

定额流动资金额 = 年经营成本 × 经营成本流动资金率

定额流动资金额 = 年总成本 × 总成本流动资金率

固定资产资金率、销售收入资金率、总成本费用资金率估算参考指标见表 2-2。

表 2-2 矿山企业流动资金估算参考指标

矿 种	固定资产资金率/%	销售收入资金率/%	总成本费用资金率/%
黑色金属矿山	15~20		45~50
有色金属矿山	15~20	30~40	35~45
煤 矿	15~20	20~25	
化工原料矿山	10~15	30~40	40~50
非金属矿山	5~10		

2.2.2.2 分项详细估算法

对流动构成的各项流动资产和流动负债分别进行估算。在可行性研究中，为简化起见，仅对存货、现金、应收账款和应付账款 4 项内容进行估算，计算公式为：

流动资金 = 流动资产 - 流动负债

流动资产 = 应收账款 + 存货 + 现金

流动负债 = 应付账款 + 预收账款

流动资金本年增加额 = 本年流动资金 - 上年流动资金

流动资金估算的具体步骤是首先确定各分项最低周转天数，计算出周转次数，然后再进行分项估算。

(1) 周转次数计算

周转次数计算公式为：

周转次数 = 360/ 最低周转天数

存货、现金、应收账款和应付账款的最低周转天数，参照类似企业的平均周转天数并结合项目特点确定，或按部门（行业）规定计算。

（2）存货估算。存货是企业为销售或耗用而储备的各种货物，主要有原材料、辅助材料、燃料、低值易耗品、修理用备件、包装物、在产品、自制半成品和产成品等。为简化计算，仅考虑外购原材料、外购燃料、在产品和产成品，并分项进行计算。计算公式为：

存货 = 外购原材料、燃料 + 其他材料 + 在产品 + 产成品

外购原材料、燃料 = 年外购原材料、燃料费用／按种类分项周转次数

其他材料 = 年其他材料费用／其他材料周转次数

在产品 =（年外购原材料、燃料动力费用 + 年工资及福利费 + 年修理费 + 年其他制造费用）／在产品周转次数

产成品 =（年经营成本 - 年其他营业费用）／产成品周转次数

（3）应收账款估算。应收账款是指企业对外销售商品、提供劳务尚未收回的资金，计算公式为：

应收账款 = 年经营成本／应收账款周转次数

（4）预付账款估算。预付账款指企业为购买各类材料、半成品或服务所预先支付的款项，计算公式：

预付账款 = 外购商品或服务年费用金额／预付账款周转次数

（5）现金需要量估算。项目流动资金中的现金是指货币资金，即企业生产运营活动中停留于货币形态的那一部分资金，包括企业存现金和银行存款。计算公式为：

现金需要量 =（年工资及福利费 + 年其他费用）／现金周转次数

年其他费用 = 制造费用 + 管理费用 + 营业费用 -（以上 3 项费用中所含的工资及福利费、折旧费、维护费、摊销费、修理费）

（6）流动负债估算。流动负债是指在一年或超过一年的一个营业周期内，需要偿还的各种债务。一般流动负债的估算只考虑应付账款和预收账款两项。计算公式为：

应付账款 =（外购原材料 + 外购燃料动力及其他材料年费用）/ 应付账款周转次数

预收账款 = 预收的营业收入年金额 / 预收账款周转次数

2.2.2.3 估算流动资金应注意的问题

（1）在采用分项详细估算法时，应根据项目实际情况分别确定现金、应收账款、存货和应付账款的最低周转天数，并考虑一定的保险系数。因为最低周转天数减少，将增加周转次数从而减少流动资金需用量。因此必须切合实际地选用最低周转天数。对于存货中的外购原材料和燃料，要分品种和来源，考虑运输方式和运输距离，以及占用流动资金的比例大小等因素确定。

（2）在不同生产负荷下的流动资金，应按不同生产负荷所需的各项费用金额，分别按上述的计算公式进行估算，而不能直接按照100%生产负荷下的流动资金乘以生产负荷求得。如某矿评估设定2008年开始进入试生产，2008年生产负荷50%、2009年生产负荷75%，2010年开始达产，则评估时应在2008年投入50%的流动资金，2009年投入25%的流动资金（追加25%的流动资金、2009年占用75%流动资金），2010年再投入25%的流动资金（追加余下的25%流动资金、2010年占用全部流动资金）。

（3）流动资金属于长期性（永久性）流动资产，流动资金的筹措可通过长期负债和资本金（一般要求占30%）的方式解决。流动资金一般要求在投产前一年开始筹措，为简化计算，可规定在投产的第一年开始按生产负荷安排流动资金需用量。其借款部分按全年计算利息，流动资金利息应计入生产期间财务费用，项目计算期末收回全部流动资金（不含利息）。

（4）当投入物和产出物采用不同含税价格时，估算中应注意将销项税额和进项税额分别包括在相应的年费用金额中。

（5）用详细估算法计算，流动资金估算参数见表2-3。

表 2-3　流动资金周转次数参数表

项　目	基 数 内 容	周转次数
应收账款	年经营成本	9 ~ 12
外购材料	年外购材料费	4 ~ 8
外购燃料	年外购燃料费	6 ~ 12
在产品	年外购材料、燃料及动力 + 年工资及福利费 + 年修理费 + 年其他制造费用	10 ~ 24
产成品	年经营成本	10 ~ 24
现　金	年经营成本 - 年外购直接材料费 - 年修理费	10 ~ 24
应付账款	年外购材料、燃料、动力费用	9 ~ 12

2.2.3　建设期利息的估算

估算建设期利息，需要根据项目的进度计划，提出建设投资分年计划，列出各年投资额，并明确其中的外汇和人民币。

估算建设期利息时，要注意名义利率和有效利率的换算。将名义利率换算为有效利率的计算公式为：

$$有效年利率 = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1 \tag{2-8}$$

式中　r——名义利率；

m——每年计算次数。

当建设期用自有资金按期支付利息时，可不必进行换算，直接采用名义年利率计算建设期利息。计算建设期利息时，为了简化计算，通常假定借款均在每年的年中支用，借款当年按半年计算，其余各年份按全年计息，计算公式如下：

采用自有资金付息时，按单利计算：

$$各年应计利息 = (年初借款本金累计 + 本年借款额/2) \times 名义年利率$$

采用复利方式计息时：

$$各年应计利息 = (年初借款本息累计 + 本年借款额/2) \times 有效年利率$$

对于有多种借款资金来源，每笔借款的年利率各不相同的数目，既可分别计算每笔借款的利息，也可先计算出各笔借款加权平均的年利率，并以加权平均利率计算全部借款的利息。

在融资过程中，某些债务资金发生的手续费、承诺费、管理费、信贷保险费等融资费用，原则上应按该债务资金的债权人的要求单独计算，并计入建设期利息。项目建议书阶段，可简化，做粗略估算，计入建设投资；可行性研究阶段，不涉及国外贷款的项目，也可简化粗略估计后计入建设投资。

在项目评价中，对于分期建成投产的项目，要按各期投产时间分别停止借款费用的资本化，即投产后继续发生的借款费用不作为建设期利息计入固定资产原值，而是作为运营期利息计入总成本费用。

2.2.4 无形资产和其他资产原值及摊销费的估算

无形资产原值是指项目投产时按规定由投资形成无形资产的部分。

按照有关规定，无形资产从开始使用之日起，在有效使用期限内平均摊入成本。法律和合同规定了法定有效期限或者受益年限的，摊销年限从其规定，否则摊销年限应注意符合税法规定的要求。无形资产的摊销一般采用平均年限法，不计残值。

其他资产的摊销可以采用平均年限法，不计残值，摊销年限应注意符合税法的要求。

2.2.5 其他费用的估算

其他费用包括其他制造费用、其他管理费用和其他营业费用这三项费用，系指由制造费用、管理费用和营业费用中分别扣除工资及福利费、折旧费、摊销费、修理费以后的其余部分。产品出口退税和减免税项目按规定不能抵扣的进项税也可包括在内。

（1）其他制造费用。按《企业会计制度》，制造费用指企业为生产产品和提供劳务而发生的各项间接费用，包括生产单位管理人员工资和福利费、折旧费、修理费（生产单位和管理用房屋、建筑物、

设备)、办公费、水电费、物料消耗、劳动保护费、季节性和修理期间的停工损失等。但不包括企业行政管理部门为组织生产和管理生产经营活动而发生的管理费用。

项目评价中的制造费用是指项目包含的各分厂或车间的总制造费用，为了简化计算常将制造费用归类为管理人员工资及福利费、折旧费、修理费和其他制造费用几个部分。

其他制造费用是指由制造费用中扣除生产单位管理人员工资及福利、折旧费、修理费后的其余部分。项目评价中常见的估算方法有：按固定资产原值（扣除所含的建设期利息）的百分数估算；按人员定额估算。

（2）其他管理费用。项目评价中为了简化计算，可将管理费用归类为管理人员工资及福利费、折旧费、无形资产和其他资产摊销、修理费用和其他管理费用几个部分。其他管理费用是指由管理费用中扣除工资及福利费、折旧费、摊销费、修理费用后的其余部分。

常用的估算方法是按人员定额或者取工资及福利费总额的倍数估算。

如果管理费用中技术转让费、研究与开发费与土地使用税等数额较大，应单独核算后并入其他管理费用，或单独列项。

（3）其他营业费用。项目评价中将营业费用归为销售人员工资及福利费、折旧费、修理费和其他营业费用几部分。其他营业费用是指由营业费用中扣除工资及福利费、折旧费、修理费后的其余部分。

项目评价中常用的估算方法是按营业收入的百分数估算。

（4）不能抵扣的进项税额。对于产品出口项目和产品国内销售的增值税减免费项目，应将不能抵扣的进项税额计入总成本费用和其他费用或单独列项。

2.3　成本和利润

成本是商品经济的价值范畴，是商品经济发展到一定阶段的产物，它是企业为生产商品和提供劳务所耗费的物化劳动和活劳动中必要劳动的货币表现。企业要生产产品，就要发生各种耗费，包括：生产资料的劳动手段（如机器）、劳动对象（如原材料）和劳动力。企

业一定时期内发生的、用货币表现的生产耗费，称企业的生产费用。这些费用的总和，构成产品的成本。

$$P = C_m + V + M$$

$$C = C_m + V$$

式中 C——生产成本；

C_m——生产资料的物化劳动价值；

V——活劳动价值；

M——活劳动创造的新增价值；

P——产品价格。

生产成本是反映产品生产所需物质资料和劳动力消耗的主要指标，单位产品成本的降低，就能获得较高的赢利，其构成了项目生产期内重要的现金流出。

成本的经济实质为：企业在生产中所耗费的生产资料转移的价值和劳动者为自己的劳动所创造的价值的货币表现，也就是企业生产过程中所耗费的资金的总和。

为了适应成本计算、成本控制和成本规划的需要，寻求进一步降低成本的途径，成本可按各种不同的标准加以分类。

2.3.1 制造成本法

成本按经济用途或职能可划分为制造成本和期间费用两大类。

（1）制造成本。制造成本（又称生产成本或工厂成本），是指产品在制造过程中所发生的各种成本，一般包括直接材料、直接工资和制造费用三个项目。

1）直接材料。直接材料是指加工后直接构成产品实体或者主要部分的原料、主要材料与外购半成品，以及有助于产品形成的辅助材料等。

2）直接工资。是指在生产中对材料进行直接加工制成产品所耗用的人工成本，有工资、奖金和各种津贴。

3）制造费用。是在生产过程中所发生的除了直接材料及直接工资外的各种费用，具体指企业各个生产单位（分厂、车间）为组织

和管理生产所发生的费用，以及生产单位房屋、建筑物、机器设备等的折旧费、设备租赁费、修理费、低值易耗品摊销、设计制图费、试验检验费、劳动保护费等费用。

(2) 期间费用。是在企业生产经营过程中发生的，与产品生产过程无直接联系，属于某一个会计期间发生的费用，包括销售费用、管理费用、财务费用。

管理费用：管理费用是每时期企业为管理和组织生产经营活动所发生的各项费用，包括公司经费、工会经费、职工教育经费、劳动保险费、待业保险费、董事会费、咨询费、聘请中介机构费、诉讼费、业务招待费、排污费、房产税、车船使用税、土地使用税、印花税、矿产资产补偿费、技术转让费、研究开发费、无形资产和其他资产摊销、职工教育经费、计提的坏账准备和存贷跌价准备等。

对矿山有一些特殊：管理费用中有资源补偿费，是按销售收入的一定比率计征：

费率：黑色金属（Fe、Mu、Cr、V、Ti）2%；有色金属 2%；稀土 3%；黄金属（Au、Ag、At 族）4%；非金属 2%；宝玉石 4%；石油、天然气、煤炭 1%。

销售费用：企业销售产品、自制半成品和提供劳务过程中发生的各项费用，以及专设的销售机构的各项费用。包括应由企业负担的运输费、广告费、包装费、展览费、售后服务费以及销售部门人员的工资、福利、办公、差旅、修理费等。

财务费用：企业为筹集资金而发生的各项费用，包括企业生产经营期间发生的固定资产和流动资金利息净支出、汇兑净损失、金融机构手续费及筹集资金发生的其他财务费用。

总成本费用的构成如图 2-2 所示。

2.3.2 成本的其他分类

在矿产经济评价中，还经常将成本按照是否随产量而变动进行分类。

(1) 固定费用。指在产量变化的一定范围内，不随着产量的变

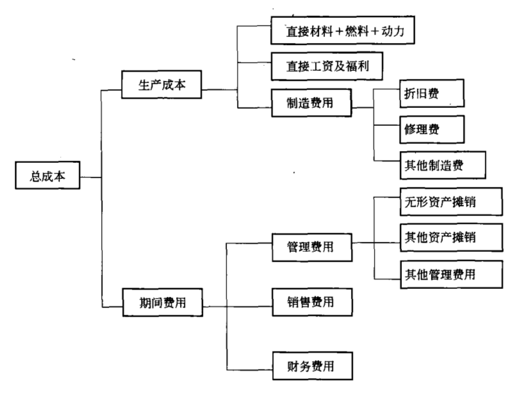


图 2-2 总成本费用的构成（生产成本加期间费用）

化而变化的费用，如折旧费、企业管理费等。

（2）变动费用。指随着产量的变化而变化的费用，如原料费、燃料动力费等。

（3）可能变动费用。是指产量变动时，可能变动，也可能不变动的费用。要根据企业情况具体分析。如工资成本、按目前工资制度，一般基本工资应属于固定费用，但如果实行浮动工资、计件工资和超额奖励，则应属于变动费用。

另外在矿床经济评价中，还将成本分为经营成本和总成本。

经营成本：是在计时评价（如计算净现值或投资内部收益率时）要考虑的成本。是总成本中扣除折旧、摊销、维简费、利息后的成本。图 2-2 中，经营成本 = 总成本 - 折旧费 - 无形资产摊销 - 其他资产摊销 - 利息支出。

总成本：按照制造成本法，是制造成本和期间费用的总和。

2.3.3　销售收入、销售税金和利润

利润总额 = 销售收入 − 采、选经营成本 − 折旧费 − 维简费 − 利息支出 − 管理费用 − 财务费用 − 销售费用 − 销售税金及附加

（1）销售收入。若售价为精矿中吨金属价：如有色金属，收入 = 精矿量 × 精矿品位 × 金属价

若售价为冶炼产品（金属）价：收入 = 精矿量 × 精矿品位 × 冶炼回收率/冶炼产品金属含量 × 售价

对金矿，产品不是精矿而是金，售价为每克或每两黄金的售价。

收入 = 金产量 × 金价 = 采出矿石量 × 采出品位 × 选、冶综合回收率 × 金价

（2）增值税。增值税是按产品价值的增值额征收的一种税，增值额是指产品销售收扣除外购原材料、辅助材料、燃料动力及配件等价值后的剩余部分。我国现行增值税率实行两档比例税率：基本税率 17% 和低税率 13%，出口货物实行零税率，其进项税也应扣除（所谓的出口退税）。

$$\text{增值税} = \text{当期销项税额} - \text{当期进项税额}$$

$$\text{销项税额} = \text{销售额} \times \text{税率}$$

进项税额是指纳税人购进货物或者提供应税劳务所支付或者负担的增值税额。如直接材料费 × 进项税率。

当期销售额是指不含增值税的销售额。若售价中含增值税，需要把含税销售额还原成不含税销售额，以便在增值税专用发票上分别记上“销售额”和“税金”。换算公式为：

$$\text{（不含税）销售额} = \frac{\text{含税销售额}}{1 + \text{增值税税率}}$$

《建设项目经济评价方法与参数》中规定，“对于适用增值税的项目，运营期内投入和产出的估算表格可采用不含增值税的价格；若采用含增值税价格，应予以说明，并要调整相关表格”。

（3）销售税金及附加。销售税金是根据商品买卖或者劳务服务

的流转额征收的税金，是属于流转税的范畴。销售税金包括消费税（矿山企业不征该税种）、营业税、城市维护建设税、资源税。在建设项目经济评价中，一般将教育费附加并入销售税金项内，视同销售税金处理。

1）营业税。营业税是对国内从事交通运输业、建筑业、金融保险业、邮电、文化体育、娱乐、服务业或者有偿转让无形资产、销售不动产的单位和个人，就其营业额所征收的一种税。

营业税额 = 营业额 × 适用税率

2）城市维护建设税。是以纳税人实际交纳的流转税额为计税依据征收的一种税。该税率按照纳税人所在地区实行不同税率：项目在市区的为7%，县城、镇的为5%，乡村的为1%。计税公式为：

应纳税额 =（增值税 + 消费税 + 营业税）× 单位税额

3）资源税。资源税是对从事原油、天然气、煤炭、金属矿产和其他非金属矿产品资源的开发，就原材料产品级差收入课征的一种税。计税公式为：

应纳税额 = 课税数量 × 单位税额

如：黑色金属原矿 2 ~ 30 元/t、有色金属原矿 0.4 ~ 30 元/t、非色金属原矿 0.5 ~ 20 元/t 或 m^3。

4）教育费附加。以实际交纳的消费税、增值税、营业税的税额为计税依据，费率为3%。

5）其他税种。是指不归结到销售税金及附加的各种税种，主要有房产税、车船使用税、印花税、土地使用税、矿产资源补偿费、进出口关税、企业所得税。除所得税外，其他税种在项目评价中的处理，要看征税时发生在项目建设的阶段。如果发生在项目建设期内，直接计入投资成本，形成固定资产价值，不能计入总成本费用；如果发生在投产后，应直接计入总成本费用。

矿产资源补偿费：是保障和促进矿产资源勘查、合理开发与保护，维护国家对矿产资源的财产权益而征收的费用。

矿产资源补偿费 = 矿产品销售收入 × 补偿费率 × 开采回采系数

这里的矿产品销售收入指的是不含增值税的销售收入。

资源补偿费归属期间费用中的管理费用。

企业所得税：是以纯收益额为征收对象的一种税。应纳税额按每年收入减去准予扣除项目后的余额乘以税率25%。准予扣除的项目为：总成本费用、销售税金及附加、营业外净支出。

2.3.4 利润水平的衡量

由于利润大小与投资大小、规模大小有关，在规模不同企业间无可比性。故利润水平的衡量要使用利润率来衡量。

（1）资本金利润率 = 利润总额/资本金总额

衡量资本金获利能力，若高于银行利率，适度负债有利。

（2）销售利税率 = 利税总额/销售收入

既反映收益水平，又反映企业贡献程度。

（3）成本费用利润率 = 利润总额/成本费用总额

反映投入产出水平。

2.4 完全竞争下边际分析法与利润最大化

“边际”（Margin）是西方经济学广为使用的概念，李嘉图在分析地租时就运用了边际分析法。

1871 ~ 1874 年英国的杰文斯（Jevons）、德国的门格尔（Menger）和法国的瓦尔拉（Walras）在效用和边际效用理论方面取得重要发展，使用了边际分析方法。西方经济学家用边际效用（Marginal Utility），探讨价值的构成。消费者要用有限的货币，换取最大的效用。效用理论与马克思的劳动价值论是相对抗的，马克思对其作了批判。但边际分析方法是可以应用的，效用与价格是密切相关的。

英国女经济学家琼·罗宾逊（Joan Robinson）和美国经济学家爱德华·张伯伦（Edward Chamberlin）同时于1933年分别出版了《不完全竞争经济学》和《垄断竞争理论》（初稿是张伯伦在哈佛大学的博士论文，以此取得博士学位，修改、补充成此书），这两本书成为西方垄断经济学的经典著作。他们应用了一套相同的分析工具和方法：边际收入曲线、平均收入曲线、边际成本曲线、平均成本曲线以及“边际收入等于边际成本”原则。这也是西方经济学第一次系统

地应用这些分析工具，从此成为微观经济分析中的常用工具。

矿山建设初期，开工不足，设备和人的效率未能充分发挥，成本较高。如果开工率逐渐增加，设备和人的效率逐渐提高，故产量增长幅度超过成本增长速度。也就是说，每增加一个单位产量，成本的增量减少。如图 2-3 所示，从起点到 A 点，为报酬递增区。当设备和人的效率已发挥到一定程度后再增加投入，如使设备超负荷运转，将加速设备的损坏；或再增加职工，反而造成工作效率降低。这时，每增加一个单位产量，成本的增量将要增大。如图 2-3 所示，超过 A 点，为报酬递减区。

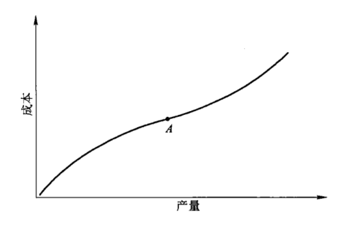


图 2-3　产量-成本曲线

由上所述，我们把产量在某一水平时，若增加一个单位产量，全部成本的增量，称之为边际成本（Marginal Cost，MC）。如生产 100 个产品时的总成本为 3000，若生产 101 个产品的总成本为 3010，则产量为 100 时的边际成本为 10。边际成本的严格定义为：产量在某一水平时，成本的瞬时变化率，或产量有微小变化时，成本的微小变化量。由定义可知，边际成本是成本函数在给定点的斜率，即成本函数在该点的导数。

由此可见，随着产量的增加，利润不是无限制地增大，而是有一定限度。产量超过一定限度，利润将逐渐减小，直至出现亏损。为确定最佳生产规模，以获得最大盈利，需对产量-成本函数进行一些分析。

总产量与总成本的函数关系常常是三次多项式。又可分为短期成

本函数和长期成本函数。在短期内，企业的生产规模难以变动，固定资产折旧费等固定成本不变，企业只能通过改变可变成本来调整产量。在长期内，企业可以通过技术改造、增加投资、扩建等，扩大生产能力，各种投入均为可变的，没有固定成本与可变成本之分。

2.4.1 短期成本函数特征

成本函数往往是产量的一元三次多项式，如：

$$TC = 1000 + 40Q - 0.3Q^2 + 0.001Q^3$$

$$TC = TFC + TVC$$

式中 TC——总成本；

TVC——全部变动成本；

TFC——全部固定成本；

Q——产量。

边际成本（MC）也是产量的函数，必是成本函数的一次导函数：

$$MC = 40 - 0.6Q + 0.003Q^2$$

$$平均总成本(ATC) = TC/Q$$

$$平均可变成本(AVC) = TVC/Q$$

根据以上公式，画出图 2-4 反映 MC、AVC、ATC、MR 随产量变化关系，列出表 2-4 的数据。

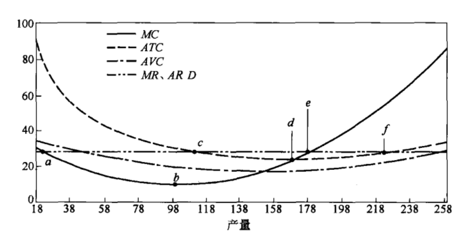


图 2-4 产量、成本、利润关系图

表 2-4 产量、成本、利润表

Q	TC	TFC	TVC	MC	AFC	AVC	ATC	AR(D,MR)	TR	MP	P	说明
18	1628.6	1000	628.63	30.17	55.56	34.92	90.48	28	504.00	-2.17	-1124.63	亏损增大
20	1688.0	1000	688.00	29.20	50.00	34.40	84.40	28	560.00	-1.20	-1128.00	
21	1717.0	1000	716.96	28.72	47.62	34.14	81.76	28	588.00	-0.72	-1128.96	
22.5	1760.6	1000	760.65	28.00	44.36	33.75	78.11	28	631.13	0.00	-1129.52	亏损最大点 *a* 点
30	1957.0	1000	957.00	24.70	33.33	31.90	65.23	28	840.00	3.30	-1117.00	亏损减少
40	2184.0	1000	1184.00	20.80	25.00	29.60	54.60	28	1120.00	7.20	-1064.00	
70	2673.0	1000	1673.00	12.70	14.29	23.90	38.19	28	1960.00	15.30	-713.00	
90	2899.0	1000	1899.00	10.30	11.11	21.10	32.21	28	2520.00	17.70	-379.00	
100	3000.0	1000	2000.00	10.00	10.00	20.00	30.00	28	2800.00	18.00	-200.00	*MC* 最低点 *b*
110	3101.0	1000	2101.00	10.30	9.09	19.10	28.19	28	3080.00	17.70	-21.00	
111	3113.4	1000	2113.40	10.38	8.99	19.01	28.00	28	3113.60	17.62	0.20	盈亏平衡点 *c*
120	3208.0	1000	2208.00	11.20	8.33	18.40	26.73	28	3360.00	16.80	152.00	利润增加
140	3464.0	1000	2464.00	14.80	7.14	17.60	24.74	28	3920.00	13.20	456.00	
160	3816.0	1000	2816.00	20.80	6.25	17.60	23.85	28	4480.00	7.20	664.00	
168	3988.7	1000	2988.71	23.774	5.96	17.82	23.776	28	4697.28	4.23	708.57	*ATC* 最低点 *d*
170	4043.0	1000	3043.00	24.70	5.88	17.90	23.782	28	4760.00	3.30	717.00	
177	4239.4	1000	3239.35	28.00	5.64	18.25	23.89	28	4968.87	0.00	729.52	盈利最大点 *e*
180	4312.0	1000	3312.00	29.20	5.56	18.40	23.96	28	5040.00	-1.20	728.00	利润减少
200	5000.0	1000	4000.00	40.00	5.00	20.00	25.00	28	5600.00	-12.00	600.00	
210	5431.0	1000	4431.00	46.30	4.76	21.10	25.86	28	5880.00	-18.30	449.00	
220	5928.0	1000	4928.00	53.20	4.55	22.40	26.95	28	6160.00	-25.20	232.00	
228	6389.0	1000	5389.00	59.31	4.38	23.62	28.00	28	6389.60	-31.31	0.60	盈亏平衡点 *f*
230	6497.0	1000	5497.00	60.70	4.35	23.90	28.25	28	6440.00	-32.70	-57.00	亏损增大
240	7144.0	1000	6144.00	68.80	4.17	25.60	29.77	28	6720.00	-40.80	-424.00	
260	8696.0	1000	7696.00	86.80	3.85	29.60	33.45	28	7280.00	-58.80	-1416.00	
270	9613.0	1000	8613.00	96.70	3.70	31.90	35.60	28	7560.00	-68.70	-2053.00	
280	10632.0	1000	9632.00	107.2	3.57	34.40	37.97	28	7840.00	-79.20	-2792.00	

2.4.2 完全竞争下短期成本函数与盈利最大化的简单分析

完全竞争具有以下的特点：

（1）各企业的同种产品是一样的，至少极其相似，买者买任何企业的产品都一样；

（2）卖者买者都极多，任何个别买、卖者都影响不了价格；

（3）资源可以很容易地随市场变化而转移，工人可转移，企业可进可出；

（4）企业不但知己，而且知彼，各种资源投入的价格，生产的不同技术和方法人人皆知；

（5）在完全竞争环境下，企业以利润最大化为目标，至少亏损最小。

下面是短期成本函数与盈利最大化的简单分析：

（1）短期内，单价（D）不随产量而变，$D=AR=28$，AR 表示平均销售收入。由于短期内企业生产能力不变，所以固定费用（$TFC=1000$）保持不变。

（2）用边际分析方法，分析随产量增加，成本、利润的变化情况

最初，由于 $ATC>D$，$TC>TR$，所以企业处于亏损状态。

如 $Q=20$，$TC=1688$，$ATC=84.4$，$TR=560$，亏损 1128

此时边际成本（$MC=29.2$）大于边际收入（$MR=28$），即增加 1 个产量增加的成本大于增加的收入，所以产量增加，亏损增加。如 Q 增至 21，$TC=1717$　$TR=588$　亏损增加 1128.96，但 MC 降为 28.72。

产量继续增加，MC 下降，总会降至 $MC=28=MR$，此时 $Q=22.5$，即增加 1 个产量增加的成本与增加的收入相等，亏损不增加，即亏损最大点 a 点 $TC=1760.63$，$TR=631.12$，亏损 1129.51。

随着 Q 的增加，从 a 点到 b 点，产量 $=100$，边际成本从 28 递减到 10，MC 达到最低点。ATC 随之从 78.11 降至 30，收入从 631.12 增加到 2800，亏损从 1129.51 降低到 -200。所以 $MC<ATC$ 时，产量增加，ATC 减小。

从 b 点到 c 点产量再增加，MC 递增，ATC 还递减，总会 $ATC = AR$，达到盈亏平衡点 c，产量≈111.2，ATC 为 27.998≈28，总收入 3113.6 利润 0.2≈0。

从 c 点到 d 点，MC 递增，但 MC 仍小于 ATC，产量增加，ATC 仍递减，利润增加。MC 增加，ATC 减小，二者总会相等，即 MC 曲线与 ATC 曲线相交，产量≈167.05 时平均成本达到最低点 d，为 23.78。过此点，$MC > ATC$，比如产量 170，$MC = 25$，ATC 增加为 23.782。故 MC 必然相交于 ATC 的最低点。

产量过 111.2 以后，$MC < MR$，即每增 1 产量，增加的成本小于增加收入，所以利润总在增加。MC 随产量递增，总会 $MC = MR = 28$，在 e 点产量为 177.46 时，增加 1 产量，增加的成本 = 增加的收入，利润不增加，e 点是利润最大点。所以不是 ATC 最小时，利润最大，而是 $MC = MR$ 时利润最大。

产量过 177.46 后，再继续增加，$MC > MR$，增加产量，利润减小，ATC 在递增，总会 $ATC = AR$，产量 = 228.2 时到达 f 点，$ATC = 27.998 \approx AR$，又一个盈亏平衡点。

通过以上分析得出：

（1）一个边际成本最低点 b。

（2）边际成本曲线与边际收入曲线有两个交点，a 和 e，$MC = MR$，一个亏损最大，一个盈利最大。

（3）平均成本曲线与平均收入曲线也有两个交点，c 和 f，$ATC = AR$，为盈亏平衡点。

（4）边际成本曲线必然在平均成本曲线的最低点相交于 d，$MC = ATC$，平均成本最低，但不是利润最大。

2.4.3 矿产经济学中介绍边际分析的意义

凡事都有限度，如精矿品位提高 1%，焦比下降 2%，高炉利用系数提高 3%，生铁单位成本下降，有利。

但精矿品位提高，选矿费用增加，精矿产量下降，精矿单位成本提高。所以精矿品位提高 1% 的成本增量，即边际成本，必须小于生铁成本下降的增量（边际收入），$MC < MR$，总利润才增加。精矿品

位提到一定程度，$MC > MR$，总利润将下降。

又如，崩落法采矿，回采时，降低出矿截止品位，混岩率提高，损失率下降，采出矿增加，增加矿的成本只计装载、运输、提升，不计采准、切割、回采费，成本增量较小。

但采出品位下降，选矿成本增加，选矿比增加，精矿量下降。只要采选的 MC < 精矿的 MR，就是有利的。当混岩率提高到一定程度，$MC > MR$，就不能再提高混岩率了。

由此可以看出，矿山技术指标优化方法的实质就是边际分析法。

3 资金的时间价值

3.1 资金的时间价值及其重要意义

3.1.1 资金的时间价值概念

在矿床经济评价中，一般都要对技术项目或方案进行静态和动态的经济分析，两者的主要区别在于是否引入资金的时间价值。

一笔资金若把它存入银行，经过一段时间后可以获得利息的增值；若把它投资于建设项目，项目建成运行后，经过一定的时间会产生利润，使原有资金得到增值。我们就把资金由于储蓄或进行项目投资而随时间产生的利息或利润的增值称为资金的时间价值。

资金的时间价值来源于劳动者新创造的价值。在商品生产过程中，利用流通交换使货币转换成劳动资料；再经过生产领域，由劳动者加工成新的产品，形成了新的价值；然后这些新的产品再次回到流通领域，从而实现了价值的增值。同样，放弃使用资金而将其存入银行，银行放贷给借款者，经借款者的劳动使资金产生了利润增值；借款者将利润中的部分用于还贷，从而使存款者得到放弃使用资金的补偿——利息。因此，无论是利润还是利息，都源自劳动所创造的价值。

由于资金具有时间价值，因此必须要用动态的而不是静止的观点去看待资金。一定数额的资金，在不同的时间具有不同的价值，资金必须与时间结合，才能表示出其真正的价值意义。今天的 10000 元资金与 1 年后的 10000 元资金虽然数量上相同，但其价值却是不同的。因此，在对工程项目进行经济性计算与比较时，必须对方案的收益与费用进行时间价值计算，即将不同时点上的资金换算成同一时点上的价值，才能使它们具有加和性与可比性，这就是资金时间价值原理。

在这里需要指出的是：

(1) 资金的时间价值和由通货膨胀引起的货币贬值不同。通货膨胀是国家为了弥补财政赤字而大量发行纸币，纸币的发行量超过商品流通中的实际需要量所引起的货币贬值现象。而资金的时间价值是一个普遍的现象，只要商品生产存在，资金就具有时间价值。

(2) 银行的利率、利息的产生不仅是因为资金的时间价值。通常利率除包含了时间价值外，还有通货膨胀以及风险价值两个因素。在不考虑通货膨胀的影响以及不存在任何风险的情况下，利率就可表示为资金的时间价值。例如，国内购买的国家公债，它可以看作是在无任何风险，同时又不考虑通货膨胀的情况下所设定的，故也可以以公债利率表示资金的时间价值。

3.1.2 资金的时间价值的重要意义

资金的时间价值的重要意义体现在以下3方面：

(1) 促使合理有效地利用资金。长期以来，我国基本建设投资一直实行财政拨款、固定资产和流动资金无偿使用的办法。这种管理资金的办法，助长了各部门、各地区、各企业盲目争投资、争项目的倾向。在基本建设中存在着某些施工项目工期拖延，在生产中也存在某些长线产品大量积压等现象。这些问题都会造成资金长期占用，而不能带来增值。决策者认识到资金具有时间价值，就会自觉地运用资金在生产、流通过程中的增值原理，合理有效地利用资金。在基本建设过程中尽力缩短建设周期，在生产经营中加速资金的周转，努力降低成本，以取得更大的投资经济效益。

实践证明，必须重视资金的时间价值。如某矿床勘探费5000万元，27年后仍未开采，按8%年复利率计算，27年前的5000万元，现价值4亿元。而据测算，该矿全部采完的现值还不到4亿元，即就算现在开始开采该矿已收不回勘探资金了。如果当初不勘探该矿床，而是投资于勘探急需又能很快开发的矿床，则早已生产出大量矿产品和超出5000万元的利润了。过去总以为早采、晚采都一样，勘探费没白花，不是浪费。过去我国有些企业向国家要资金可以不付息，甚至不还本金，造成各企业盲目争投资。过去不重视资金的时间价值，现在已经认识到“时间就是金钱，效率就是生命”。

（2）有利于正确的投资决策。任何一个技术方案、技术措施的实施，都必须消耗人力、物力，这些消耗都要以资金的形式表示出来。同时，任何一个技术方案、技术措施从规划到完成都要经过一段时间。尤其是大的工程项目，不仅投资数目大，而且施工周期通常也较长。所以在进行投资决策时，不能不考虑资金的时间价值。例如某建设项目需投资总额为1000万元，建设期为3年，现有两个方案可供选择：甲方案各年需要的投资额为第1年500万元，第2年300万元，第3年200万元；乙方案各年需要的投资额为：第1年200万元，第2年300万元，第3年500万元。根据静态的分析方法，就会认为这两个方案结果一样，其实不然。假定上述项目为贷款投资，其贷款归还利息大不相同，乙方案显然优于甲方案。

实际上，从投资者的角度，必须考虑到如果把项目占用的资金投作其他用途，可以获得一定的收益，而且每年的收益又会年复一年地带来新的收益。现在将资金用于该项目，而不能在其他用途中获得收益，就意味着相应地放弃了这种收益。这实际上就是资金的机会成本的概念，投资者的机会成本常常用作衡量资金时间价值的标准。

（3）有利于做好利用外资的工作。随着我国对外经济交往的日益扩大，如何合理利用外资已成为一项很重要的课题。国外借贷的任何一种支付利息的方式，都是以复利计算。复利计算的理论依据就是资金的时间价值原理。无论是借贷外资，还是利用国内贷款，都要返本付息。因此，在工程项目的技术经济评价中，必须考虑资金的时间价值，否则便不会得出正确的结论。

3.2 有关的基本概念

3.2.1 现金流量与资金流向图

3.2.1.1 现金流量

现金流量（Cash Flow）是指某一系统（如某投资项目或方案）在一定时期内（如年），向该系统流入或由该系统流出的金额。为此，它的具体内容应包括现金流入（Cash Input）及现金流出（Cash

Output）两个部分。同一时期内，系统的现金流入与现金流出之差称为净现金流量（Net Cash Flow）。净现金流量为正值表示流入大于流出，为负值则表示流入小于流出。

以建设项目的经济评价来说，系统就是指项目，在评价时要根据其计算期限从建设期、生产期直到寿命终了的各年经济活动进行分析。一般如投资（包括建设投资和流动资金）、成本（经营成本）、税金等，均应属于从项目系统流出的金额，故应算作不同年度的现金流出；而销售收入、期末时固定资产余值回收、流动资金回收等，系项目在不同年度所得的收益，故应列为不同年度的现金流入。将每一年现金流入与现金流出相抵即得到项目在该年的净现金流量。如再将每年净现金流量加以累计，则可得累计净现金流量，从而获得项目某种意义上的经济效果值。

计算现金流量时，要注意以下问题：

（1）现金收支在何时发生就在何时计算，不作分摊。

（2）只计算真正发生现金收支者，仅账面收支不计。

（3）折旧费、摊销、维简费都不计为现金流出，一则它们都只是账面上的支出，并未真正发生现金流出。二则它们都是对投资的分摊补偿，而投资已在发生的时间点一次计入现金流出，若把对它们的分摊补偿再计为现金流出，则为重复计算。

（4）利息支出虽发生了现金流出，但也不计入现金流出。因为计算现金流量的目的是考察投资的效益，利息是投资产生的效益的一部分，所以不扣除。若考察自有资金的效益，则借入资金的利息应计入现金流出。

可见，因折旧费、维简费、摊销和利息不计入现金流出，所以，为计算现金流量，须计算经营成本。

现金流入的构成：由销售收入、回收的流动资金、固定资产残值等构成。

现金流出的构成：由建设期投资、建设期贷款利息、经营成本、销售税金及附加、流动资金投资等构成。

为了形象、直观地表达某个项目上述计算期内的现金流量，可以采用资金流向图。

3.2.1.2 资金流向图

资金流向图（也称现金流向图）是某一系统在一定时期内各个时间现金流量的直观图示方法。应用资金流向图可以形象地将该系统不同时点的收益与费用清楚地表达出来。

资金流向图的画法如图 3-1 所示。

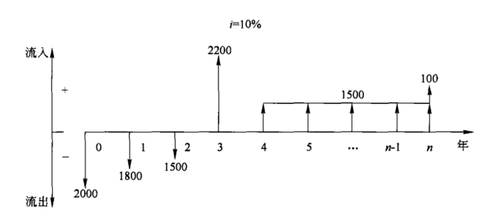


图 3-1 资金流向图

(1) 先作一条水平线为时间坐标（横坐标），线上按计算单位将时间分段（等分），自左向右为时间的递增，表示时间的历程。时间一般以年为单位，用 0，1，2，3，…，n 表示。在分段点所定的时间通常表示该时间点末（一般表示为年末），同时也表示为下一个时间点初（下一年的年初），如图 3-1 中时间点“1”表示第 1 年的年末或第 2 年的年初。

(2) 垂直箭杆线表示时间点上系统所发生的现金流量。其中箭头方向向下表示现金流出（费用），向上则表示现金流入（收益），线段的相对长度代表发生金额的大小，金额数量标注在箭头处。

(3) 利率标注于水平线上方，一般用年利率标注。

[例 3-1] 设有某项贷款为 5000 元，偿还期为 4 年，年利率为 6%，偿还方式有两种：一是到期本利一次偿还；二是每年付息，到期一次还本。现仅就这笔借贷资金作资金流向图。

解：从贷款者角度，按照不同偿还方式该系统资金流向图分别如图 3-2a、图 3-2b 所示。

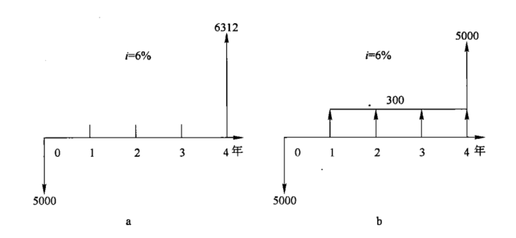


图 3-2　贷款者资金流向图

a—本利和一次还清方式；b—每年付息，到期一次还本

从借款者角度，资金流向图如图 3-3 所示。

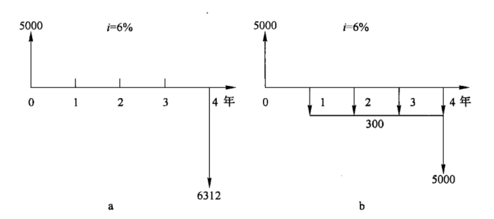


图 3-3　借款者资金流向图

a—本利和一次还清方式；b—每年付息，到期一次还本

3.2.2　本金与年金

（1）本金。本金是指用于投资或借贷的资金，它是计算投资收益或借贷款利息的基础，本金通常用 P 表示。

（2）年金。年金是指分期连续等额的资金，例如每年支付等额的房屋租金、每月得到等额的工资收入、每年等额的原材料费用支出

等等。年金用 A 表示。通常年金有多种支付形式，在技术经济评价中，主要用普通年金，即年金的收支在每期的期末发生。

3.2.3 现值与终值

（1）现值。把将来某时点的资金换算成与现在时点（或较早时点）等值的资金，这一换算过程叫做“折现”（或“贴现”），而经换算后的等值的资金价值叫“现值”，折现时所用的利率则称为“折现率”（或“贴现率”）。在技术经济分析中，常常以投资时刻为计算的基准，把项目的各项费用与收益全部折现到基准时刻。现值也用 P 表示。

（2）终值。终值是指将某时点的资金换算成未来时点的等值的资金价值，这一换算过程叫做“终值计算”。终值也可以称为将来值或本利和，它与现值互逆。终值用 F 表示。

3.2.4 时值与等值

（1）时值。资金的时值是指资金在流通过程中，处在某一时刻的价值。例如，以现在为时间计算起点（第 0 年末），现在的 1000 元在年利率为 10% 时，1 年末的时值就是 1100 元。

（2）等值。资金等值是指处在不同时点上的两笔资金，虽然其绝对值不等，但是从资金的时间价值上看，其价值是相等的，这时就称这两笔资金为等值的资金。例如，今年 1000 元的资金与明年 1100 元的资金，虽然其绝对值不同，但如果在年利率为 10% 的条件下，两者就具有相等的价值。因为按照资金的时间价值原理，该笔资金在 1 年后的本利和为 1100 元，故上述两笔不同时点上绝对值不同的资金具有相等的价值。

资金等值计算中的要素有三个：1）资金额；2）资金的时间点；3）计算的利率。在已定资金额及时点的情况下，利率是决定资金是否等值的主要因素。在技术经济分析中，为使项目或方案具有可比性，在等值计算中一般均采用统一的利率。

利用等值的概念及计算，将不同时间点上的资金换算成同一时间点上的等值资金，在技术经济分析中经常采用，其目的是便于对不同

技术项目的经济效果进行比较。

3.2.5　利息与利率

在技术经济评价时，常用利息与利率来进行资金换算或资金时间价值的计算。

（1）利息。所谓利息，有狭义和广义之分。狭义的利息仅指借贷系统中借款人因占用资金而向贷款人付出的报酬或贷款人因放弃占用资金而向借款人收取的补偿。广义的利息则包含了资金作为投资的资本在生产和流通领域中产生的利润。从资金的时间价值上看，利息与利润的性质是一致的。

在我国，利息或利润是国民收入的再分配，是国家通过银行或财政部门在集体与企业、集体与个人之间调节经济利益和资金余缺的一种手段。通过利息或利润再分配的经济杠杆作用，可以鼓励节约资金，改善经营管理，提高投资经济效果及改善产业结构等。

（2）利率。与利息相对应，利率也有狭义和广义的概念。狭义的利率即借贷系统中的利息率，它是指在某一特定时间内，所得（或所付）利息金额与所贷出（或借入）金额（均称本金）之比，通常是以百分数或千分数来表示。例如：从银行借得本金 1000 元，一年后应付出利息 90 元，则该项借款年利率为 9%。广义的利率包括了投资利润率，指获取的利润与投资的比率。在技术经济评价中，常常用到这种广义利率的概念。

（3）利息的计算方法。

1）计息周期与付息周期

用来表示计算利息的时间单位称为计息周期。计息周期国外按年、半年、季、月及周为单位。国内目前一般的存款或贷款通常是以月为计息周期，债券则以年为计息周期，其利率则与之相对应，用月利率（‰）或年利率（%）来表示。

用来表示支付利息的时间单位称为付息周期，付息额的大小等于付息周期数乘以相应的利率。付息周期可以与计息周期相同，也可以与计息周期不同，具体付息的时间单位称为付息周期。如国内一般存、贷款的计息周期为月，而付息周期为季；普通储蓄存款计息周期

为月，而付息周期则有3个月、6个月、9个月、1年、3年等。

2）单利与复利

利息的计算，分单利和复利两种。

所谓单利，就是仅考虑本金生利。用单利方法计算时，利息额以原始本金作为计息基数，在一定利率下计息额与本金及计息期成正比。例如，以P为本金，n为计息周期数，i为对应的计息周期的利率，用单利计算时其利息总额的计算如下式：

$$利息(单利) = P \times n \times i$$

如以F为本利和，则到n期期末应得本利和的计算如下：

$$F_n = P(1 + n \times i) \tag{3-1}$$

单利法表明一笔投资在投入生产时间内，每年以一定的系数为社会提供一定的经济效果。这种经济效果与时间呈线性关系，且不再在资金周转中发挥作用。单利法不符合资金运动的规律，它反映的是简单再生产运动。

所谓复利，就是不仅考虑本金生利，而且考虑利息生利。用复利法计算时，每一计息期均是以上一个计息期的本利和作为本期计算利息的本金，即每一期的利息均将作为下一期的本金来计算，故有“利滚利”的说法。经过推导，可以得出第n期的利息F_n为：$F_n = P \times (1+i)^n$。

用复利法计算利息，符合资金时间价值中关于资金在运动过程中增值的客观实际，因此它反映了扩大再生产运动，在技术经济分析中被广泛采用，具体应用于动态分析法的计算。

3）名义利率与有效利率

当计息周期与付息周期不一致时，如按付息周期来换算利率，则有名义利率与有效利率之区别。

$$名义利率 = 计息期利率 \times 年计息期数$$

例如，计息期为1个月，月利率为1%，则名义利率就为12%。这种计息方式常写成“年利率12%，每月计息1次”或“年利率12%，1年计息12次”。显然，名义利率指的是付息期为1年的利率。它没有考虑利息的时间价值，是一种单利计算法。

［例 3-2］　今借款 1000 元，按月利 1% 计息，每月计息 1 次，则 12 个月后应还多少本利和？

解：按月利计：$F_{12} = 1000 \times (1 + 1\%)^{12} = 1126.8$ 元

按年利计：$F_1 = 1000 \times (1 + 12\%) = 1120$ 元

两者相差 6.8 元，到底哪种计算正确呢？显然前一种算法没有错误，后一种算法错在年利率的计算上。12% 是名义利率，是一种非有效的利率，应该用有效利率来进行计算。

有效利率是按计息期利率及每年计算期数计算所得的年利率，它与名义利率的关系如下：

设 r 为名义利率，i 为有效利率，m 为 1 年的计息期数，则 1 年后的本利和应为：

$$F = P \times \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m$$

一年后应得利息为：

$$P \times \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - P$$

因此，有效利率应为：

$$i = \frac{F - P}{P} = \frac{P \times \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - P}{P} = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1$$

显然当 $m > 1$ 时，$i > r$；当 $m = 1$ 时，$i = r$；当 $m < 1$ 时，$i < r$。

前例中，$i = (1 + r/m)^m - 1 = (1 + 12\%/12)^{12} - 1 = 12.68\%$，所以按年利计：$F_1 = 1000 \times (1 + 12.68\%) = 1126.8$ 元，与按月利计算的结果相同。

3.3　资金等值计算公式

同样数目的资金，在不同时间点不等价。在复利下，如何将不同时间点的资金换算成等价的资金？

（1）已知现值 P 求未来值 F，公式为：

$$F = P \times (1 + i)^n \tag{3-2}$$

式中 i——利率；

n——复利计息的时间间隔。

（2）已知未来值 F 求现值 P，公式为：

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \tag{3-3}$$

（3）已知年金 A 求未来值 F，相当于计复利时，定期定额零存整取储蓄，已知零存金额求整取金额，公式为：

$$F = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \tag{3-4}$$

（4）已知未来值 F 求年金 A，相当于计复利时，定期定额零存整取储蓄，已知整取金额求零存金额，公式为：

$$A = F \times \frac{i}{(1+i)^n - 1} \tag{3-5}$$

（5）已知现值 P 求年金 A，相当于计复利时，买东西分期付款时已知现值，求每期付款金额，公式为：

$$A = P \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \tag{3-6}$$

（6）已知年金求现值，相当于计复利时，分期付款时已知每期付款金额，求其所付款总额相当于现值多少，公式为：

$$P = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \tag{3-7}$$

在矿产经济评价中，往往条件复杂，而要灵活应用上述各公式进行综合的换算，现举一例加以说明。

[例3-3] 某矿山原计划开始基建的第一年初投资1000万元，以后六年中每年年末各投资500万元，后因条件变化，在第二年年末和第四年年末又追加投资800万元。若折现率为10%，问1）此投资在第六年年末的未来值为多少？2）折合为第一年年初的现值为多少？

解：先画出如图3-4所示的资金流向图

1）求未来值

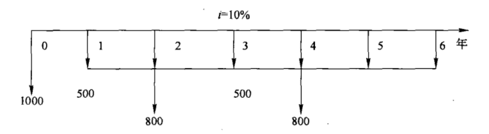


图 3-4　矿山资金流向图

$$F = 1000 \times (1 + 10\%)^6 + 500 \times \frac{(1 + 10\%)^6 - 1}{10\%} +$$

$$800 \times (1 + 10\%)^4 + 800 \times (1 + 10\%)^2$$

$$= 7768.65$$

2）求现值

$$P = 1000 + 500 \times \frac{(1 + 10\%)^6 - 1}{10\% \times (1 + 10\%)^6} +$$

$$800 \times (1 + 10\%)^{-2} + 800 \times (1 + 10\%)^{-4}$$

$$= 4385.2$$

如果是借助于 Microsoft Excel 中函数 *NPV*（或者 *FV*，*PV*），可大大简化上边的计算工作。使用 *NPV* 计算现值方法见图 3-5。

C7　▼　f_x　$= NPV(F1, B5:H5) \times (1 + F1)$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1					折现率	10%		
2		0	1	2	3	4	5	6
3		1000	500	500	500	500	500	500
4				800		800		
5	求和	1000	500	1300	500	1300	500	500
6								
7		*P* =	¥4385.20	S =	7768.646			

图 3-5　Microsoft Excel 中 *NPV* 的计算

在某一行如第 5 行将各年投资相加，求现值时输入公式：

= *NPV*(*F*1,*B*5:*H*5) × (1 + *F*1)，*NPV* 函数中的第一个参数表示折现率，第二个参数是各年现金流量的范围，如果输入的时间范围是 *B*5：*H*5，根据图 3-4 所示的资金流向图，折现后表示的是第 0 年初的现值，故还要将此现值变为第 0 年末（也就是第一年初）。当然计算现值时，*NPV* 函数中也可输入公式：

= *NPV*(*F*1,*C*5:*H*5) + *B*5

同理，求未来值可以输入公式：

= *NPV*(*F*1,*B*5:*H*5) × (1 + *F*1) × (1 + *F*1)^6，是先计算出第一年年初的现值，然后再根据公式 3-2 求出未来值（^表示幂次方）。

4 矿床经济评价

矿床经济评价着重于解决矿床开采时的效益问题，包括矿床财务评价和矿床国民经济评价。矿床经济评价是矿产经济研究领域中许多其他研究课题的基础。

4.1 矿床评价概述

矿床经济评价是矿床评价的一个组成部分，所谓矿床经济评价，是指基于矿床地质勘查工作所获得的资料，在合理选取相关的技术经济参数的基础上，预估矿床未来开发利用的经济价值和经济、社会效益，从而为矿床地质勘查项目取舍和矿山开发投资决策提供科学依据的工作。

4.1.1 矿床评价的分类

4.1.1.1 按矿床勘查阶段分类

众所周知，对矿床的勘查工作是分阶段多次进行的，相应地矿床评价也要分阶段多次进行。按此可将矿床评价划分为以下四种类型：

（1）概略评价。概略评价是在普查找矿阶段所选行的一种矿床评价，其目的是为了确定某矿床工业利用的可能性，以决定该矿床是否值得投入初步勘探。

（2）初步评价。初步评价是在初步勘探阶段所进行的一种矿床评价，其目的是为了确定某矿床是否值得投入开采（对于中、小型矿床）或是否值得投入详细勘探（对于大型矿床）。

（3）工业评价。工业评价是对于不需详勘的矿床在初勘后进行的评价，或是对于需要详勘的矿床在详勘后进行的评价，其目的主要是为了确定其工业价值以及开发后可能获得的利润，以便给建矿排序及投资决策提供依据。

（4）开发中评价。开发中评价是在矿山地质工作阶段所进行的

一种矿床评价。分两种情况：其一，对矿区内新发现矿床或矿体的评价，其情况与工业评价相似，其目的是为了给矿山扩建决策提供依据；其二，对原有矿床的评价，其目的是为了修订各项矿山技术指标，以便使其处于最佳状态和重新确定该状态下矿床的经济价值。

不同阶段矿床评价的性质和目的概括如表 4-1 所示。

表 4-1 各阶段矿床评价的性质和目的

评价类型	概略经济评价	初步经济评价	详细经济评价	开发中评价
所处阶段	普 查	详 查	勘 探	开 发
矿床勘查资料查明程度	经普查概略地查明矿床规模、矿石质量及技术加工性能、开采技术条件和矿区自然经济条件等	基本上查明了矿床地质构造、矿床空间分布矿体形态、产状和规模矿石物质组分及加工技术性能开采技术条件和矿山建设条件	经勘探系统可靠地查明了矿石质量和加工技术特性及空间变化、开采技术条件及水文地质条件等，储量精确	经生产勘探可靠地查明了矿石质量和加工技术特性及空间变化、开采技术条件及水文地质条件等，储量精确
矿山建设指标查明程度	对生产规模、开采方式、产品方案、产品流向等只能概略设想	能大致确定未来矿山建设和生产中的技术指标	能较准确地确定未来矿山建设和生产中的技术经济指标	能准确地确定未来矿山建设和生产中的技术经济指标
评价目的	为矿床能否转入详查提供依据	为矿山能否转入勘探及矿山建设总体规划提供依据	为矿山设计和开发提供依据	为矿山生产提供决策依据
承担单位	地勘单位	地勘单位（设计院）	设计研究部门	矿山生产部门

4.1.1.2 按评价内容分类

根据具体涉及的评价内容，可将矿床评价划分为两种类型：

（1）矿床地质评价。矿床地质评价又称矿床相对评价，这种评价是通过矿床勘查工作，从地质调查所得各种信息中，经过加工、整理、分析和综合，对所得成果进行解释和判断，从而获得有关矿床规模、形态、产状、矿石质量、开采条件以及技术加工性能等方面的概念，并据以评定矿床的相对开发价值。这种评价只能得出相对有无开

发价值的结论。

（2）矿床经济评价。矿床经济评价又称矿床价值评价、矿床技术经济评价或矿床绝对评价，在资本主义国家也称之为矿床的货币评价。这种评价是根据矿床的地质因素，以及其他与开发加工有关因素的综合分析，以计算（预测性的）出在某种具体开发加工条件下开发某矿床的经济价值（以货币额表示）的一种矿床评价。必须指出，这里所说的经济价值，并非指马克思论商品的价值时所指的含义，而是指如果开发某矿床所能获得的经济收益。

4.1.1.3　按评价的角度和立场进行分类

按照角度和立场的不同，可将矿床经济评价分为财务评价和国民经济评价两类。前者是站在矿山企业的立场上，根据国家现行财税制度和现行价格，分析测算开发某矿床的效益和费用，考察其获利能力。后者则是站在国家整体利益的立场上，分析测算开发某矿床的效益和费用，考察其给整个国民经济带来的净效益，评价其经济上的合理性。二者是局部和整体的关系。需要说明的是，随着时代的发展和社会的进步，人们对一个项目（包括矿床开发项目）的社会影响的重视程度越来越高，社会评价作为一个独立的内容从国民经济评价中分离出来，它是对项目社会影响及其他社会目标的一种综合评价，例如包括政治、国防、环境生态、消费以及地区发展等方面。

4.1.1.4　按评价方法分类

按评价方法的不同，矿床经济评价可分为不计时评价法与计时评价法两种。前者是不考虑资金时间价值的评价方法，又称静态评价法，后者则是考虑资金时间价值的评价方法，又称动态评价法。

4.1.2　矿床经济评价与地质评价的关系

在工业发达国家的矿床评价工作中，既要进行地质评价又要进行经济评价，且以前者作为后者的基础。

在我国，过去多数矿床在勘查中只进行地质评价而不进行经济评价。1988 年 10 月国家计委、经委、全国储委联合发出通知，规定从 1989 年起在勘探总结报告中必须提供矿床经济评价的资料。

对于已进行过地质评价并已肯定其具有开发价值的矿床，只要此

评价符合客观实际情况，一般不再重复进行地质评价，除非是原先已经否定其开发价值的矿床，由于技术的进步，后来发现有了开发的可能，此时才进行再次地质评价。

但是，对于已经进行过经济评价的矿床，虽然其地质条件不会变化，而随着开采技术水平或加工技术水平的提高，其生产费用可以发生变化，有时随着社会条件的改变（如国家对某种新产品的迫切需要或国际市场供求关系的改变等），矿产品的价格也可以有较大的变化，在此情况下，已进行过经济评价的矿床，往往还要再次进行经济评价。已肯定其经济价值的矿床，经过再次评价可能改变其经济价值，而过去划为暂无经济价值的矿床，经过再次评价也可能发现其具有经济价值。因此，矿床经济评价是地质勘探部门和矿山地质部门要多次进行的工作。当然，不同阶段、不同时期的地质工作，评价所依据的资料、评价的目的和评价结论的可靠程度会有所不同。

世界上技术先进的国家，每当矿山采、选技术和生产水平有重大发展，或国内外某种矿产品的供求关系有较大变动（表现为矿产品价格的变动）时，矿山公司（或矿山）也要对其所属矿床进行经济评价，并相应地修订各项矿山技术指标。

4.1.3 矿床经济评价的任务、目的及原则

4.1.3.1 *矿床经济评价的任务*

矿床经济评价的直接任务是通过分析计算以预测出矿床开发利用的经济价值。

4.1.3.2 *矿床经济评价的目的*

不同情况下有以下不同的目的：

（1）为确定矿产勘查或开发项目的取舍、排序或投资决策提供依据。

（2）为确定矿山最佳技术指标提供依据。同一矿床采用不同技术指标进行开发，则有不同的经济价值，故可按不同技术指标方案对同一矿床进行经济评价，再通过对比以选取最佳技术指标，从而可为充分利用矿产资源和提高矿山采选经济效益提供依据。

（3）用以衡量勘查工作的经济效果。勘探工作的经济效果要利

用一定的指标体系从不同角度加以衡量，例如可以以单位探明储量的勘探费用等指标进行衡量。而从矿床经济价值与勘探费用的比值来衡量也是一个重要的指标。显然，如果矿床经济价值不大，而勘探费用却很高，经济效果就不好。而要从这个角度进行衡量，就必须通过矿床经济评价，先算出矿床的经济价值，再求其与勘探费用的比值。

（4）用以衡量矿山企业的经营管理水平。不同矿床可以具有悬殊的自然丰度（指储量大小、品位高低、采选难易、地理条件优劣等），因此难以仅通过矿山所取得利润的多少来衡量其经营水平。而利用矿床经济评价中的级差矿利法，可以区分出自然丰度不同的矿山在平均的经营管理水平下应取得的超额利润，从而衡量矿山的经营管理水平。

（5）为矿床综合利用提供依据。如果只利用某些矿床中某一有益组分，在经济上可能是不合算的，而如果综合利用其中某几种有益组分却可能在经济上具有可行性。这时，综合利用的经济效益就需要通过矿床经济评价才能得出明确结论。

（6）可作为奖励勘查工作者、补偿地勘费、实行资产有偿占用、按地下财富对采矿企业实行计划征税的依据；作为申请银行贷款、筹措资金及与有关部门签订合同和协议的依据。

（7）为国家制定矿产资源政策提供依据。国家欲制定正确的矿产资源政策，必须对国内外矿产品的供求形势作出预测，为此必须掌握已发现的许多矿床的经济价值。因此，也必须进行矿床经济评价。

综上所述，进行矿床经济评价意义重大，它是矿产经济研究中最重要的工作之一。

4.1.3.3　*矿床经济评价的原则*

在西方资本主义国家，矿床经济评价的原则是：获取最高的开采期望利润。按此原则则可以不考虑矿产资源是否充分利用等因素，因此采富丢贫、采大弃小、采易弃难或专采利润大的矿床等现象颇为常见。但在我国，矿产资源属全民所有，同时实行的是社会主义市场经济，虽然要考虑经济效益问题，但不能把获取最高的开采期望利润作为唯一原则。有人认为我国在矿床经济评价中应遵循的原则是：既要从矿山企业的立场出发，讲求经济效益，考虑利润，进行财务评价；

又要站在国家整体利益的立场上，考虑最大限度地满足社会经济发展的需要，以及最大限度地充分回收并利用国家宝贵的矿产资源等，进行国民经济评价。总之，我们是社会主义国家，在进行矿床经济评价时，应该从国家总体利益出发，局部的利益和部门的利益要服从全国的整体利益；目前的暂时的利益要服从长远的根本的利益。因此，某个矿床价值的大小不能只依据期望利润一项指标作出评价。还要结合政治、国防、社会需求等因素进行全面的分析，才能对一个矿床作出正确的评价。

4.1.4 矿床经济评价所要考虑的因素和参数

4.1.4.1 *矿床地质因素*

包括矿床外部特征、开采技术条件和矿床内部特征。

矿床外部特征是指矿体的形态、产状、厚度、延深、规模、群聚性和储量的集中与分散程度。矿体的外部特征决定着井田分布、开采方式、开拓方案、采矿方法、运输方式等。矿床规模主要指储量，包括矿区内的工业储量以及矿区内、矿区外围及深部的远景储量。储量大小决定着未来矿山的生产规模、服务年限、基建投资额、矿山盈利大小等。

开采技术条件因素包括矿体埋藏深度、矿石及近矿围岩的稳固性和物理机械性质、矿区水文地质条件等。埋藏深度和覆盖层厚度是决定露天开采和地下开采的主要因素，其重要指标是剥采比。地形结合矿体形态、产状及空间分布影响开采方式和开拓方案的选择及矿山企业的工业场地、废石场地、尾矿坝及永久性建筑设施的配置。矿石及近矿围岩稳固性及其物理机械性质决定着矿井崩落和加固的方法，对于确定开采时的支护方式、支柱密度、爆破效率、运输量、露天采场的边坡角和地下开采的回采方法等有重要意义。水文地质条件的复杂程度决定开采时的井筒或坑道位置、防排方法和设备能力及采矿成本。

矿床内部特征因素主要指矿石质量。它直接影响矿产的利用，是决定矿产品方案、选矿加工流程、工艺复杂程度、矿产品质量、价格和利润的重要因素。对于综合性矿床，在评价矿床时应综合评价，并

考虑共生矿产和伴生有益组分。这样才能使矿产资源得到充分合理利用，大大提高矿床的经济价值和矿山开发的经济效益。

4.1.4.2　经济地理因素

经济地理条件。被评价矿床所处的位置是否有利于工农业建设的合理布局和国防能力的加强；是否位于铁路沿线、江河两岸及距消费区较近；水、电、燃料、动力、辅助原料、建筑材料、劳动力、生产资料的供应情况是否充足。

气候与地形。气候是矿山开采年工作日的决定因素，由此而影响矿山企业的劳动生产率、产值和利润，同时地形也是影响厂址选择和矿山开采的重要因素。

企业配套情况。若附近有矿山企业存在，则可节约大量外部工程建设投资，可充分利用已有企业的各种生产和服务设施，加快开发利用速度，取得良好经济效益。

环境地质情况。包括由于矿山企业的建设和生产对环境条件所造成的破坏与改变。

4.1.4.3　社会价值因素

包括产品价格、生产成本、基建投资额、占用的流动资金额、利率、折现率等。市场供不应求或国家急需、短缺的矿产在评价时应作肯定评价。

4.1.4.4　矿山技术指标

包括矿床工业指标、矿山生产规模、采矿损失率、贫化率、选矿产率、回收率、精矿品位等。

4.1.4.5　政治因素

包括国际形势及关系，国家的有关政策及法律等。

4.2　矿床财务评价

矿床的财务评价是从企业的角度出发，在现行的价格和财政政策基础上，对矿床未来开发的经济价值和经济效益进行评价。其所计算出的经济价值和经济效益是微观的、近期的、局部的，属于企业盈利性分析。

财务分析可分为融资前分析和融资后分析，一般应先进行融资前

分析，在融资前分析结论满足要求的情况下，初步设定融资方案，再进行融资后分析。融资前分析应以动态分析（折现金流量分析）为主，静态分析（非折现金流量分析）为辅。

融资前动态分析应以营业收入、建设投资、经营成本和流动资金的估算为基础，考察整个计算期内现金流入和现金流出，编制项目投资现金流量表，利用资金时间价值的原理进行折现，计算项目投资内部收益率和净现值等指标。

融资前分析排除了融资方案变化的影响，从项目投资总获利能力的角度，考察项目方案设计的合理性。融资前分析计算的相关指标，将作为初步投资决策与融资方案研究的依据和基础。

根据分析的角度不同，融资前分析可选择计算所得税前指标和所得税后指标，也可计算静态投资回收期指标。

融资后分析，考察项目在拟定的融资条件下的盈利能力、偿债能力和财务生存能力，判断项目在融资条件下的可行性。

财务评价最重要的指标包括两类：一类是以货币单位计量的价值型指标，如总利润、净现值、净年值、费用现值、费用年值等；另一类是反映资金利用效率的效率型指标，如项目资本金利润率（*ROE*）、总投资收益率（*ROI*）、内部收益率、净现值指数等。

4.2.1 静态评价法

矿床整个开发周期内不考虑时间因素对货币价值的影响，选择适合于评价矿床的参数，计算全采期可能获得的经济价值和经济效益的一种评价方法，又称为不计时评价法。静态评价所采用的指标有总利润、投资收益率、投资回收期等。

4.2.1.1 总利润法

在合理选取矿山技术指标的基础上，以现行的价格参数为依据，估算整个矿床开采完毕后所可能获得的期望利润总额。

由于是概略计算，可将税金忽略不计，故采用：

$$总利润额 = 总提取价值 - 总生产成本$$

在矿山可能的开采建设方案和生产服务年限内，选择适当的矿山技术指标，根据现在的价格参数，估算出矿床开采完毕后的利润总

和。其算法有多种，有的先算出生产每吨矿石所能获得的利润，再算出总利润；有的先算出各生产年的利润，再求其总和；有的则根据整个开采期间总的收支情况来算出总利润。现以最后一种情况加以说明：

$$P_T = Q[\alpha\varepsilon_m\varepsilon_p\lambda(1 - T_x)/\beta - C_R - \varepsilon_m(C_m + C_p)/(1 - \rho)] - C_j - C_y + V_c \tag{4-1}$$

式中　P_T——开发矿床的总利润期望值，万元；

Q——地质储量，万 t；

α——地质平均品位,%；

ε_m——采矿回收率,%；

ε_p——选矿回收率,%；

β——精矿品位,%；

λ——精矿售价（含税价），元/t；

T_x——销售税税率,%；

C_R——矿业权价款，元/t；

ρ——贫化率（指品位降低率）,%；

C_j——技术转让费，万元；

C_y——营业外净支出，万元；

C_m——矿石采矿总成本，万元；

C_p——矿石选矿总成本，万元；

V_c——固定资产剩余值，万元。

其中销售税是指包括增值税、营业税、城市建设维护税、资源税、教育费附加等在内的所有税的总和。

用总利润法可以对开发某矿床能否盈利和盈利大小迅速作出评价，但对投资效果无法作出评价。例如，有 A、B 两个矿床，开发后的总利润分别为 1 亿元和 2 亿元，所需总投资分别是 1000 万与 5000 万元，生产年限分别是 20 年和 30 年，若只对比总利润和年平均利润，开发 B 矿床似乎效益更好，但若同时比较投资，则应是开发 A 矿床的经济效益更好。所以，总利润法常与投资利润率法和投资回收期法等评价方法结合使用，以确定矿床开发的效益好坏。

4.2.1.2 投资利润率法

投资利润率是指矿山企业在正常年份的净利润与投资总额的比值，用以衡量单位投资所能获得的预期收益。投资利润率一般用以下公式进行计算：

$$r = R_i / V \tag{4-2}$$

式中 V——投资总额，可以是全部投资额，也可以是投资者的权益投资额；

R_i——正常年份的净收益，可以是利润，可以是利润税金额。

根据 V 和 R_i 的具体含义 r 可以表现为各种不同的形态：

总投资收益率(ROI) = (年利润 + 利息 + 所得税)/ 全部投资额

资本金净利润率(ROE) = 年净利润 / 项目资本金

全部投资利润率 = (年利润 + 折旧与摊销 + 利息支出)/ 全部投资额

权益投资利润率 = (年利润 + 折旧与摊销)/ 权益投资额

投资利税率 = (年利润 + 税金)/ 全部投资额

投资利润率 = 年利润 / 权益投资额

总投资是指包括固定资产投资、流动资金、建设期利息等在内的所有投资。

4.2.1.3 投资回收期法

投资回收期（Pay Back Period）是以开发某矿床的净收益抵偿全部投资（包括固定资产投资和流动资金）所需要的时间，亦即累计净现金流量为零所需要的时间。投资回收期自建设开始起算，其表达式为：

$$\sum_{t=1}^{P_t} (CI - CO)_t = 0 \tag{4-3}$$

式中 P_t——投资回收期，年；

t——年份；

CI——年现金流入量，万元；

CO——年现金流出量，万元。

在具体计算投资回收期时，常采用列表法用如下公式进行计算：

$$P_t = \left(\frac{\text{累计净现金流量}}{\text{开始出现正值的年份数}}\right) - 1 + \frac{\text{上年累计净现金流量绝对值}}{\text{当年的净现金流量}} \tag{4-4}$$

[例4-1] 表4-2为某项目的投资及年净收入情况列表，由该表可以算出该项目的投资回收期为7年。

表4-2 某项目现金流量表（万元）

项目 \ 年份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
建设投资	180	240	80								
流动资金			250								
总投资	180	240	330								
收　入				300	400	500	500	500	500	500	500
支　出				250	300	350	350	350	350	350	350
现金流入				300	400	500	500	500	500	500	500
现金流出	180	240	330	250	300	350	350	350	350	350	350
累计净现金流量	−180	−240	−330	50	100	150	150	150	150	150	150
累计净现金流量	−180	−420	−750	−700	−600	−450	−300	−150	0	150	300

投资回收期指标优缺点：

缺点：没有反映资金的时间价值；不能全面反映项目寿命期内的真实效益。

优点：概念清晰，简单易用；能同时反映项目的经济性和风险大小。

4.2.2 动态评价法

动态经济评价在评价时考虑了时间因素对货币价值的影响，使发生在不同时间的费用及其产生的经济效益具有可比基础，故又称为计时评价法。

动态评价的实质是按一定的贴现率（折现率）将矿山企业各年获得的利润折算到评价时（矿山开始基建时或投产时，在以下叙述中若无特别说明是指投产时）的现值。因此，也有人把动态评价法称为贴现法。动态评价法常用的指标包括财务总现值、财务净现值、财务内部收益率、现值比、动态投资回收期等。

4.2.2.1 财务总现值法

财务总现值法是在不考虑矿山基建投资的条件下，把矿山企业各年净现金流量按事先规定的贴现率逐一贴现成投产之日的现值，然后将各年现值累计相加获得“总现值”的评价方法。其计算公式为：

$$FPV = \sum_{t=1}^{n} NCF_t (1 + r)^{-t} \tag{4-5}$$

式中 FPV——财务总现值；

NCF_t——第 t 年的净现金流量；

t——生产年份；

n——生产年限；

r——折现率。

说明：财务总现值法未考虑投资，计算较简便，但仅限于同一矿床用相同投资额进行建设而对比不同技术指标方案下的经济效益时使用。显然，总现值越高的方案，经济效益越好。当不同方案投资额不同时，则不能使用此方法。

[**例 4-2**] 某矿山建成投产后，20 年内每年末的净现金流量为 500 万元，假定贴现率为 10%，试求该项目的财务总现值。

解：根据公式（4-5）

$$FPV = \sum_{t=1}^{n} NCF_t (1 + r)^{-t}$$

$$= \sum_{t=1}^{20} 500 \times (1 + 0.1)^{-t}$$

$$= 4256.8 \text{ 万元}$$

即贴现到投产之日的财务总现值为 4256.8 万元。

4.2.2.2 财务净现值法

财务净现值法是按一定的贴现率将项目寿命期内各年净现金流量贴现到基建开始之日，然后将各年现值累计相加获得“净现值”的评价方法。其计算公式为：

$$FNPV = \sum_{t=1}^{m+n} NCF_t (1 + r)^{-t} \tag{4-6}$$

式中 $FNPV$——财务净现值；

NCF_t——第 t 年的净现金流量；

t——生产年份；

m——基建年限；

n——生产年限；

r——折现率。

说明：财务净现值法是矿床经济评价过程中使用的一种重要方法，通过它可以评价开发某矿床的动态经济效果。其评价准则是：

当 $FNPV \geq 0$ 时，投资可行，$FNPV$ 越大，经济效果越好。

当 $FNPV < 0$ 时，投资不可行，经济效果不好。

［**例 4-3**］ 某项目各年现金流量如下表所示，试用净现值指标判断项目的经济性（$r = 10\%$）。

表 4-3 某项目净现金流量表（万元）

年 份	0	1	2	3	4～10
投 资	20	500	100		
支 出				300	450
收 入				450	700
净现金流量	-20	-500	-100	150	250

解：
$$\begin{aligned} NPV &= -20 - 500(P/F,10\%,1) - 100(P/F,10\%,2) + \\ &\quad 150(P/F,10\%,3) + 250(P/F,10\%,4) + \cdots + \\ &\quad 250(P/F,10\%,10) \\ &= 469.94 \text{ 万元} \end{aligned}$$

由于 $NPV > 0$，故项目在经济效果上是可以接受的。

4.2.2.3 财务内部收益率法

内部收益率是能使计算期内各年净现金流量之现值累计等于零时的折现率，即：

$$\sum_{t=1}^{m+n} NCF_t(1 + FIRR)^{-t} = 0 \tag{4-7}$$

式中 $FIRR$——内部收益率；

其他符号同前。

内部收益率可通过试算和线性插值法，或利用现成的财务分析软件直接求得。

内部收益率法的判别准则：

设基准内部收益率为 i_0（一般取行业或同类矿山的平均内部收益率），若：

$FIRR \geqslant i_0$，则项目在经济效果上可以接受；

$IRR \leqslant i_0$，则项目在经济效果上不可接受。

4.2.2.4 现值比法

现值比（*PVR*）为矿山企业从投产到开采结束的全采期间所得总现值与矿山基建期间总投资的现值之比，基准时间为投产开始，年初贷款。

现值比法是从财务净现值法发展而来的一种方法，当对比不同开发方案之优劣时，净现值大的方案往往投资额也大，因此从单位投资所得的经济收益不一定也大，此时可用本方法进行评价。其公式为：

$$PVR = FNPV/I_p \tag{4-8}$$

式中 *PVR*——现值比；

I_p——投资的现值；

其他符号同前。

由于 *PVR* 是从单位投资所能获得的净现值，显然，评价时 *PVR* 大的方案应优。

[例4-4] 经计算开发甲矿床的净现值为4200万元，投资额现值为21000万元；乙矿床的净现值为3500万元，投资额现值为15000万元。问开发哪一个矿床经济效益更好？

解：据现值比公式

$$PVR(甲) = 4200/21000 = 0.20$$

$$PVR(乙) = 3500/15000 = 0.23$$

由于 $PVR(甲) < PVR(乙)$，故开发乙矿床经济效益较好。

小结：经济技术评价的目的在于进行投资决策，体现在投资项目经济效果评价上要解决两个问题：

什么样的投资项目可以接受？

有众多投资方案备选时哪个方案或方案组合最优？

在不考虑其他非经济目标的情况下，用净现值这个在同等风险条件下盈利最大化指标是合理的。

在投资额不等的备选方案进行比选时，应采用净现值最大准则。若采用净现值比（净现值指数）最大准则，有利于投资规模偏小的项目。

4.3　矿床国民经济评价

国民经济评价指在财务评价的基础上，按合理配置稀缺资源和社会经济可持续发展的原则，采用影子价格、社会折现率等国民经济评价参数，从国民经济全局的角度出发，分析矿床勘查及其开发对实现国民经济发展战略目标的贡献。

矿床的国民经济评价除考察直接货币效益外，还考察可量度的和不可量度的间接效益或相关效益；不仅计算本部门的经济效益，还要计算与矿床勘查和开发有关的相关部门的经济效益；其所计算的经济效益是宏观的、长远的和全局的。

在我国，矿产资源归国家所有，在进行与矿产资源开发有关的经济评价时，不仅要对项目的财务效益经济分析，而且必须站在国家全局的立场上，对其进行国民经济评价。

4.3.1　国民经济评价与财务评价的主要区别

4.3.1.1　评价角度不同

财务评价是从矿山企业角度考察企业的货币收支和盈利情况，以评价矿床的微观经济价值。国民经济评价则是从国家整体的角度，考察开发某矿床国家需付出的代价和对国家的贡献即国民经济效益，以评价矿床的宏观经济价值。

4.3.1.2　效益和费用的含义及划分范围不同

财务评价是根据企业的实际货币支出及收入，确定费用和效益，如税金、利息等均计为费用。国民经济评价是按企业实际耗费的有用资源（活劳动和物化劳动），以及对社会提供的有用产品和服务来计算费用和效益，故税金、国内借款利息等属于国民经济内部

的转移支付，不计为费用。财务评价只计企业的直接费用和间接效益；国民经济评价则对开发矿床引起的间接费用（又称外部费用或相关费用）和间接效益（又称外部效益或相关效益）也要进行计算。

4.3.1.3 某些主要参数不同

（1）采用的价格不同。财务评价对投入物和产出物均用现行价格。国民经济评价对占比重较大，或者国内现行价格明显不合理的投入物和产出物，应采用“影子价格”。因为我国目前价格体系仍不合理，矿产品价格一般都偏低，用现行价格进行经济评价，不能确切反映开发矿床给国民经济带来的真实效益和费用，故在进行国民经济评价时，要用根据机会成本和供求关系确定的“影子价格”。

（2）采用的折现率不同。财务评价以因行业或部门而异的基准内部投资收益率作为折现率。在国民经济评价中，采用了较为合理的“影子价格”，故不同行业和部门之间有可比性，可用国家统一测定的社会折现率。

（3）采用的汇率不同。财务评价采用的是官方汇率，国民经济评价采用的是由国家统一测定的“影子汇率”。

（4）工资的计算不同。财务评价采用现行实际工资，国民经济评价中将劳动力作为一种特殊投入对待，劳动力的劳务费用按“影子工资”计算。影子工资主要包括劳动力的机会成本，即该劳动力在原来岗位上为社会创造的净效益；另外还包括社会为劳动力就业而付出的代价，如搬迁费、培训费、城市交通费等。

开发矿床，生产出满足社会需要的矿产品，产生的效果不只是矿业部门的盈利，而是多方面的，影响到社会和国民经济的许多地区、部门、行业，如对国民经济发展总目标、总任务的实现；对社会供需平衡的影响；对减少进口、促进出口的影响，对开发边远、落后地区经济的影响；对其他相关部门发展的影响；对环境的影响；对就业的影响等等。这些在国民经济评价中都将加以估算。所以国民经济评价比财务评价更为重要。当两者的评价结果有矛盾时，一般应以国民经济评价结果为准。

4.3.2　国民经济评价参数

4.3.2.1　社会折现率

社会折现率应根据国家的社会经济发展目标、发展战略、发展优先顺序、发展水平、宏观调控意图、社会成员的费用效益时间偏好、社会投资收益水平、资金供给状况、资金机会成本等因素综合测定。

目前社会折现率的确定主要有两种基本思路：一种是基于资本的社会机会成本方法；另一种是基于社会时间偏好率的方法。根据经济学者的研究，社会时间偏好率可以分为两部分：纯时间偏好率、随边际收入递增未来价值的贬值。纯时间偏好率估计约为1% ~2%。我国人均GDP的增长率，长期按7% ~8%计，伴随边际收入递增，未来价值的贬值系数估计为0.5，则随边际收入递增未来价值贬值估计为3.5% ~4%，两项合计，社会时间偏好率估计为4.5% ~6%。

根据一些数量经济学者的研究，采用生产函数方程，依据我国建国以来经济发展统计数据，预测我国未来20年以内的社会资本收益率为9% ~11%。

考虑到社会资本收益率与社会时间偏好之间的折中，目前推荐的社会折现率取值为8%；对于不同类型的项目，应当视项目性质采用不同的社会折现率，但目前推荐的社会折现率，没有采用不同行业使用不同社会折现率的方案。对于受益期长的建设项目，如果远期效益较大，效益实现的风险较小，社会折现率可适当降低，但不应低于6%。

4.3.2.2　影子汇率

影子汇率是指单位外汇的经济价值，区分于外汇的财务价格和市场价格。在项目国民经济评价中使用影子汇率，是为了正确计算外汇的真实经济价值，影子汇率代表着外汇的影子价格。在矿床国民经济评价中，项目的进口投入物和出口产出物，应采用影子汇率换算系数调整计算进出口外汇收支的价值。

影子汇率可通过影子汇率换算系数进行计算，影子汇率换算系数是影子汇率与国家外汇牌价的比值。影子汇率应按下式计算：

$$影子汇率 = 外汇牌价 \times 影子汇率换算系数$$

根据我国外汇收支、外汇供求、进出口结构、进出口关税、进出口增值税及出口退税补贴等情况，目前我国影子汇率换算系数为1.08。

4.3.2.3 影子工资

影子工资是项目使用劳动力资源而使社会为此付出的代价。影子工资应根据项目所在地劳动力就业状况、劳动力就业或转移成本测定，国民经济评价中以影子工资计算劳动力费用。影子工资由劳动力的机会成本和新增添资源消耗两部分构成，影子工资可通过影子工资换算系数得到。

$$影子工资 = 财务工资 \times 影子工资换算系数$$

目前对于影子工资的测定，采用技术与非技术劳动力的分类方式，分别测定其劳动力影子价格。对于技术劳动力，采用影子工资等于财务工资，即影子工资换算系数为1；对于非技术劳动力，推荐影子工资换算系数为0.25~0.8。考虑到我国经济发展不平衡，劳动力供求关系有一定差别，应按照当地非技术劳动力供给富余程度调整影子工资换算系数，非技术劳动力较为富余的地区可取较低值，不太富余的地区可取较高值，中间状况可取0.5。

4.3.2.4 影子价格

影子价格是指资源处于最佳分配状态时的边际产出价值。亦即社会经济处于某种最优状态下，能够反映社会劳动消耗、资源稀缺程度和对最终产品需求情况的价格。影子价格是20世纪30年代末40年代初由荷兰数理经济学家、计量经济学创始人詹恩·丁伯根和前苏联数学家、经济学家、诺贝尔经济学奖获得者康特罗维奇最先提出的，是一种人为确定的、比交换价格更为合理的价格。

4.3.3 效益和费用的识别

4.3.3.1 效益和费用的识别原则

（1）基本原则。国民经济分析以实现社会资源的最优配置从而使国民收入最大化为目标，凡是增加国民收入的就是国民经济效益，反之为费用。

（2）边界原则。系统分析的边界是整个国家，不仅要识别项目

自身的内部效果，而且需要识别项目对国民经济其他部门和单位产生的外部效果。

（3）资源变动原则。计算效益和费用依据的不是货币，而是社会资源真实的变动量。凡是增加社会资源的项目产出都是国民经济效益，凡是减少社会资源的项目投入都是国民经济费用。

4.3.3.2 国民经济效益与费用

国民经济效益分为直接效益和间接效益，国民经济费用分为直接费用和间接费用。直接效益和直接费用可称为内部效果，间接效益和间接费用可称为外部效果。

A 直接效益与直接费用——内部效果

（1）直接效益：是由矿山生产的矿产品直接生成，并在项目范围内计算的经济效益。一般表现为：

1）增加该种矿产品的产量满足国内需求时，其效益为用影子价格计算的产值。

2）增加该种矿产品出口或减少矿产品进口时，其效益即为国家增加的外汇收入或节省的外汇支出。

3）国内该种矿产品总产量不变，而是减少原有的相同或类似矿产品产量，由该矿产品代替，其效益则为除用影子价格计算的产值外，应再加上因减产企业减少了国家有用资源花费的效益。

（2）直接费用：是由为生产该矿产品而使用的投入物所形成，并在项目范围内计算的费用。一般表现为：

1）所需投入物需靠国民经济其他部门扩大生产规模来满足时，其费用为用影子价格计算的投入物的经济价值。

2）所需投入物需靠增加进口或减少其出口来满足时，其费用为增加的外汇支出或减少的外汇收入。

3）所需投入物的社会总供应量不变，所需投入物由减少原对其他企业的投入而来，则其费用除用影子价格计算的投入物的经济价值外，还应加上减少了对原生产企业投入物的供应而放弃的效益。

B 间接效益与间接费用——外部效果

（1）间接效益：是指矿山建设项目对国民经济做出的贡献中，在直接效益中未得到反映的那部分效益。间接效益应包括以下几个方面：

1）产业关联效果。使前序或后续企业原闲置的生产能力得以发挥或达到经济规模所增加的净收益；项目某些设施为外部所用而产生的效益，如道路、水、电等。

2）该种矿产品使用户得以降低成本、节约能耗所产生的效益。因该矿产品的生产，改变了国内供求关系，使该矿产品价格下降，用户因而降低成本，产生的额外效益，不应计为间接效益。因这部分效益是从原生产企业向用户转移过来的，从国民经济整体来衡量，效益并未增加。

3）技术扩散和示范效果。是由于建设技术先进的项目会培养和造就大量的技术人员和管理人员，他们除了为本项目服务外，由于人员流动、技术交流对整个社会经济发展也会带来好处。采用的先进技术推广到外部产生的效益。一般难以作定量计算，只能作定性的说明。

此外，开发矿业往往对改善工业布局，带动边远、落后地区经济的发展，帮助人民致富，增加就业机会等起相当大的作用，也应作一些定性的说明。

（2）间接费用：是指国民经济为矿山建设项目付出的代价中，在直接费用中未得到反映的那部分费用。间接费用应包括以下几个方面：

1）该种矿产品的生产增加了出口量，使原出口产品价格下降，减少的创汇效益，应计为外部费用。

2）对环境的污染和生态的破坏，显然是一种间接费用，可参照现有同类矿山造成的损失来计算，至少应作定性分析。

注意：为防止外部效果计算扩大化，项目的外部效果一般只计算一次相关效果，不应连续计算。

4.3.3.3 效益及费用的转移支付

项目的某些财务收益和支出，从国民经济角度看，并没有造成资源的实际增加或减少，而是国民经济内部的“转移支付”，不计作项目的国民经济效益与费用。转移支付的主要内容包括：

（1）税金。在财务评价中，增值税、营业税、所得税及其他各种附加等属于企业的支出。但从国民经济整体来看，将企业的货币收

入转移到政府手中，并没有造成资源的实际增加或减少，是收入的再分配，属于国民经济内部转移支付。因此这些税金并不计入费用。

（2）补贴。通常是国家对项目产出物或投入物所给予的财政补贴，具体则是各种价格补贴，如计划内农用燃料、油类及其他生产资料的价格补贴等。补贴与税金正好相反，其从财务评价来看，是项目的现金流入而应被作为效益，但从国民经济评价来看，它又是国家财政的一项流出，那么从整个国民经济来说，它是由国家到项目的另一种内部转移支付。

（3）国内借款及还本付息。国内借款一般是指银行对项目发放的贷款，还本付息则是项目在投产后向贷款单位归还的本金与利息。由于国民经济评价时其评价是从社会出发，因而其对国内借款及还本付息的处理与财务评价中的全投资评价的处理相似，即借款及还本付息均不列为项目的效益和费用。另外从国民经济评价来看，借款及还本付息，实际上反映资金从银行转移到项目和项目再转移到银行，仅代表资源支配权的转移，是一种内部的相互转移，其没有引起社会实际资源的增减，因而需要从财务评价的基础项中加以剔除。

（4）国外贷款及还本付息。

国外贷款及还本付息应注意如下：

1）评价国内投资经济效益的处理办法。在分析时，由于还本付息意味着国内资源流入国外，因而应当视作费用。

2）国外贷款不指定用途时的处理办法。在这种情况下，与贷款对应的实际资源虽然来自国外，但受贷国在如何有效利用这些资源的问题上，面临着与国内资源同样的优化配置任务，因而应当对包括国外贷款在内的全部资源的利用效果作出评价。在这种评价中，国外贷款还本付息不视作收益，也不视作费用。

3）国外贷款指定用途的处理办法。如果不上拟建项目，就不能得到国外贷款，这时便无须进行全投资的经济效益评价，可只进行国内投资资金的经济评价。这是因为，全投资经济效益评价的目的在于对包括国外贷款在内的全部资源多种用途进行比较选优，既然国外贷款的用途已经唯一限定，别无其他选择，也就没有必要对其利用效果作出评价了。

4.3.4　价格调整

无论是财务评价还是国民经济评价，其效益、费用均是以货币来度量的，更多的是通过产出物和投入物的价格来计算的。在财务评价中，产出物和投入物的这种价格可以采用现行交换价格。在国民经济评价中，却不能简单地采用交换价格，而需采用能够反映投入物和产出物真实经济价值，反映市场供求状况，反映资源稀缺程度，使资源得到合理配置的"影子价格"，这就需要以交换价格为起点，将交换价格调整为影子价格。

在确定影子价格时，首先要区分市场定价货物、政府调控价格货物和特殊投入物三大类别，然后根据投入物和产出物对国民经济的影响分别处理。

4.3.4.1　市场定价货物的影子价格

A　外贸货物的影子价格

外贸货物是指生产和使用会直接或间接影响国家进出口水平的货物。

外贸货物中的进口产品应满足国内生产成本高于到岸价（否则不应进口）；

外贸货物中的出口产品应满足国内生产成本低于到岸价（否则不应出口）。

外贸货物影子价格的确定基础是国际市场价格。项目外贸货物影子价格的计算如下：

（1）产出物的影子价格（项目产出物的出厂价格）

1）直接出口（外销）产品的影子价格（图4-1）

$$SP = f.o.b \times SER - (T_1 + T_{r1}) \tag{4-9}$$

式中　SP——影子价格；

$f.o.b$——离岸价格；

SER——影子汇率；

T_1——国内运费；

T_{r1}——国内贸易费用。

2）间接出口（内销，替代其他货物使其增加出口）产品的影子

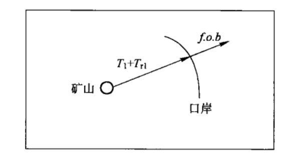


图 4-1　直接出口产品影子价格构成

价格（图 4-2）

$$SP = f.o.b \times SER - (T_2 + T_{r2}) + (T_3 + T_{r3}) - (T_4 + T_{r4}) T_2 + T_{r2} \tag{4-10}$$

式中　T_2，T_{r2}——原供应厂到口岸的运费及贸易费用；

T_3，T_{r3}——原供应厂到用户的运费及贸易费用；

T_4，T_{r4}——矿山到用户的运费及贸易费用；

其他符号同前。

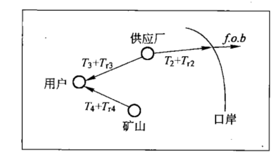


图 4-2　间接出口产品影子价格构成

当原供应厂和用户难以确定时，可按直接出口考虑。

3）替代进口（内销，以产顶进，减少进口）产品的影子价格（图 4-3）

$$SP = c.i.f \times SER + (T_5 + T_{r5}) - (T_4 + T_{r4}) \tag{4-11}$$

式中　$c.i.f$——到岸价格；

T_5，T_{r5}——口岸到用户的运费及贸易费用；
T_4，T_{r4}——矿山到用户的运费及贸易费用；
其他符号同前。

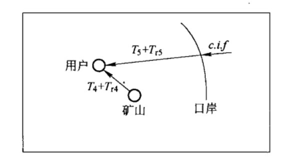


图 4-3 替代进口品影子价格构成

当用户难以确定时，可按到岸价格考虑。

（2）投入物的影子价格（项目投入物的到厂价格）

1）直接进口产品的影子价格（图 4-4）

$$SP = c.i.f \times SER + (T_1 + T_{r1}) \tag{4-12}$$

式中 T_1——国内运费；
T_{r1}——国内贸易费用；
其他符号意义同前。

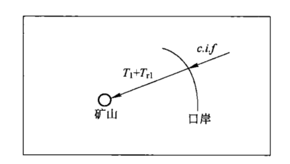


图 4-4 直接进口品影子价格构成

2）间接进口产品的影子价格（图 4-5）

$$SP = c.i.f \times SER + (T_5 + T_{r5}) - (T_3 + T_{r3}) + (T_6 + T_{r6}) \tag{4-13}$$

式中　T_5，T_{r5}——口岸到原用户的运费及贸易费用；

T_3，T_{r3}——供应厂到原用户的运费及贸易费用；

T_6，T_{r6}——供应厂到矿山的运费及贸易费用；

其他符号意义同前。

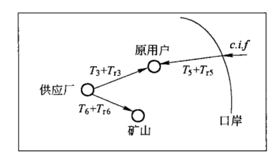


图 4-5　间接进口品影子价格构成

当原供应厂和用户难以确定时，可按直接进口考虑。

3）减少出口产品的影子价格（图 4-6）

$$SP = f.o.b \times SER - (T_2 + T_{r2}) + (T_6 + T_{r6}) \tag{4-14}$$

式中　T_2，T_{r2}——供应厂到口岸的运费及贸易费用；

T_6，T_{r6}——矿山到用户的运费及贸易费用；

其他符号意义同前。

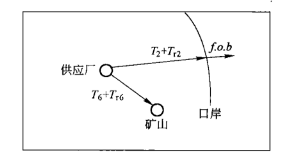


图 4-6　减少出口品影子价格构成

当供应厂难以确定时，可按离岸价格考虑。

B　非外贸货物的影子价格

非外贸货物是指生产和使用不影响国家进出口水平的货物。根据不能外贸的原因，分为：

（1）天然非外贸货物：使用和服务天然地限于国内；

（2）非天然非外贸货物：由于经济或政策原因不能外贸的货物。

其中后一种情况又可分为：

国内生产成本 > 离岸价，不应出口；

国内生产成本 < 到岸价，不应进口。

市场定价的非外贸货物的影子价格按下述公式计算：

产出物的影子价格（出厂价格）= 市场价格 − 国内运杂费

投入物的影子价格（到厂价格）= 市场价格 + 国内运杂费

4.3.4.2 政府调控价格货物的影子价格

考虑到效率优先兼顾公平的原则，市场经济条件下有些货物或者服务不能完全由市场机制形成价格，而需由政府调控价格，例如政府为了帮助城市中低收入家庭解决住房问题，对经济适用房和廉租房制定指导价和最高限价。

政府调控货物或者服务的价格不能完全反映其真实价值，确定这些货物或者服务的影子价格的原则是：投入物按机会成本分解定价，产出物按对经济增长的边际贡献率或消费者支付意愿定价。下面是政府主要调控的水、电、铁路运输等作为投入物和产出物时的影子价格的确定方法。

（1）水作为项目投入物的影子价格，按后备水源的边际成本分解定价，或者按恢复水资源存量的成本计算。水作为项目产出物的影子价格，按消费者支付意愿或者按消费者承受能力加政府补贴计算。

（2）电力作为项目投入物时的影子价格，一般按完全成本分解定价，电力过剩时按可变成本分解定价。电力作为项目产出物的影子价格，可按电力对当地经济边际贡献率定价。

（3）铁路运输作为项目投入物的影子价格，一般按完全成本分解定价，对运能富余的地区，按可变成本分解定价。铁路运输作为产出物的影子价格，可按铁路运输对国民经济的边际贡献率定价。

4.3.4.3 特殊投入物的影子价格

A 影子工资

影子工资是劳动力的影子价格。它用于衡量国家和社会为投资项

目使用劳动力而付出的代价。影子工资包括：

（1）劳动力的机会成本；

（2）社会为劳动力就业所付出的，而职工又未得到的其他代价，如搬迁、培训费等。

$$影子工资 = 名义工资 \times 工资换算系数$$

其中名义工资为财务评价中的工资及职工福利费之和，工资换算系数参见4.3.2所述。在项目国民经济效益分析中，影子工资要作为费用计入项目的经营费用。

B 土地的影子价格

土地是投资项目的特殊投入物，其影子价格（费用）包括：

（1）土地的机会成本，如土地补偿费、青苗补偿费；

（2）土地用于拟建项目而使社会增加的资源消耗，如拆迁费、劳动力安置费等。

土地影子价格的确定原则：

（1）若项目占用的土地是没有用处的荒山野岭，其机会成本可视为零；

（2）若项目占用的土地是农业用地，其机会成本为原来的农业净收益和拆迁费用和劳动力安置费；

（3）若项目占用的土地是城市用地，应以土地市场价格计算土地的影子价格，主要包括土地出让金、基础设施建设费、拆迁安置补偿费等。

4.3.5 国民经济评价指标及效益费用流量表

4.3.5.1 国民经济评价指标

国民经济评价以盈利能力为主，评价指标包括经济内部收益率和经济净现值、经济外汇净现值、经济换汇成本和经济节汇成本等。

A 经济净现值

经济净现值（*ENPV*）是反映项目对国民经济净贡献的绝对指标。它是用社会折现率将项目寿命期内各年的经济净效益流量折算到建设期初的现值之和。其表达式为：

$$ENPV = \sum_{t=0}^{n}(B - C)_t(1 + i_s)^{-t} \tag{4-15}$$

式中 B——国民经济效益流量；

C——国民经济费用流量；

$(B - C)_t$——国民经济净效益流量；

i_s——社会折现率；

n——计算期。

评价准则：$ENPV \geqslant 0$，项目可以被接受；反之，不可行。

B 经济内部收益率

经济内部收益率（*EIRR*）是反映项目对国民经济净贡献的相对指标。它是项目在寿命期内各年经济净效益流量的现值累计等于零时的折现率。其表达式为：

$$\sum_{t=0}^{n}(B - C)_t(1 + EIRR)^{-t} = 0 \tag{4-16}$$

式中符号意义同前。

评价准则：当经济内部收益率等于或大于社会折现率，即 $EIRR \geqslant i_s$ 时，说明项目占用投资对国民经济的净贡献达到或超过了要求的水平，这时项目可以接受；反之，则项目在经济上不合理。

说明：按分析口径不同，国民经济评价可分为整个项目的经济内部收益率和经济净现值、国内投资经济内部收益率和经济净现值。如果项目没有国外投资和国外借款，全投资指标与国内投资指标相同；如果项目有国外资金流入与流出，应以国内投资的经济内部收益率和经济净现值作为项目国民经济评价的指标。

C 经济外汇净现值

经济外汇净现值是反映项目实施后对国家外汇收支直接或间接影响的重要指标，用以衡量项目对国家外汇真正的净贡献（创汇）或净消耗（用汇）。经济外汇净现值可通过经济外汇流量表计算求得。其表达式为：

$$ENPV_F = \sum_{t=0}^{n}(FI - FO)_t(1 + I_s)^{-t} \tag{4-17}$$

式中　$ENPV_F$——经济外汇净现值；

FI——外汇流入量；

FO——外汇流出量；

$(FI-FO)_t$——第 t 年外汇净流量；

其他符号意义同前。

D　经济换汇成本和经济节汇成本

当有产品直接出口时，应计算经济换汇成本。它是用货物影子价格、影子工资和社会折现率计算的为生产出口产品而投入的国内资源现值（以人民币表示）与生产出口产品的经济外汇净现值（通常以美元表示）之比，亦即换取 1 美元外汇所需要的人民币金额，是分析评价项目实施后在国际上的竞争力，进而判断其产品应否出口的指标。其表达式为：

$$经济换汇成本=\frac{\sum_{t=1}^{n}DR'_t(1+i_s)^{-t}}{\sum_{t=1}^{n}(FI'-FO')_t(1+i_s)^{-t}} \tag{4-18}$$

式中　DR'_t——项目在第 t 年为生产出口产品投入的国内资源（包括投资、原材料、工资、其他投入和贸易费用）；

FI'——生产出口产品的外汇流入；

FO'——生产出口产品的外汇流出（包括应由出口产品分摊的固定资产投资及经营费用中的外汇流出）；

其他符号意义同前。

当有产品替代进口时，应计算经济节汇成本。它等于项目寿命期内生产替代进口产品所投入的国内资源的现值（以人民币表示）与生产替代进口产品的经济外汇净现值（以美元表示）之比，即节约 1 美元外汇所需要的人民币金额。其表达式为：

$$经济节汇成本=\frac{\sum_{t=1}^{n}DR''_t(1+i_s)^{-t}}{\sum_{t=1}^{n}(FI''-FO'')_t(1+i_s)^{-t}} \tag{4-19}$$

式中 DR''_t——项目在第 t 年为生产替代进口产品投入的国内资源（包括投资、原材料、工资、其他投入和贸易费用）；

FI''——生产替代进口产品所节约的外汇；

FO''——生产替代进口产品的外汇流出（包括应由替代进口产品分摊的固定资产投资及经营费用中的外汇流出）；

其他符号意义同前。

计算出来的经济换汇成本和经济节汇成本（元/美元）应与影子汇率对比。只有当经济换汇成本或经济节汇成本小于或等于影子汇率时，项目产品出口或替代进口才是有利的。

4.3.5.2 国民经济效益费用流量表

国民经济效益费用流量表有两种，一是项目国民经济效益费用流量表；二是国内投资国民经济效益费用流量表。

国民经济效益费用流量表一般在项目财务评价的基础上进行调整编制，有些项目也可以直接编制。

在财务评价基础上编制国民经济效益费用流量表应注意以下问题：

（1）剔除转移支付，将财务现金流量表中列支的销售税金及附加、所得税、特种基金、国内借款利息作为转移支付剔除。

（2）计算外部效益与外部费用，并保持效益费用计算口径的统一。

（3）用影子价格、影子汇率逐项调整建设投资中的各项费用，剔除涨价预备费、税金、国内借款建设期利息等转移支付项目。进口设备购置费通常要剔除进口关税、增值税等转移支付。建筑安装工程费按材料费、劳动力的影子价格进行调整；土地费用按土地影子价格进行调整。

（4）应收、应付款及现金并没有实际耗用国民经济资源，在国民经济评价中应将其从流动资金中剔除。

（5）用影子价格调整各项经营费用，对主要原材料、燃料及动力费，用影子价格进行调整；对劳动工资及福利费，用影子工资进行调整。

（6）用影子价格调整计算项目产出物的销售收入。

（7）国民经济评价各项销售收入和费用支出中的外汇部分，应用影子汇率进行调整，计算外汇价值。从国外引入的资金和向国外支付的投资收益、贷款本息，也应用影子汇率进行调整。

国内投资国民经济效益费用流量表见表4-4。

表4-4 国内投资国民经济效益费用流量表（万元）

序号	项 目	计 算 期								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	效益流量			2766	2766	2766	2766	2766	2766	3662
1.1	销售收入			2610	2610	2610	2610	2610	2610	2610
1.2	回收固定资产余值									374
1.3	回收流动资金									522
1.4	项目间接效益			156	156	156	156	156	156	156
2	费用流量	2145	3250	1747	1718	1689	1660	1631	1602	1602
2.1	建设投资中国内资金	2145	3250							
2.2	流动资金中国内资金									
2.3	经营费用			972	972	972	972	972	972	972
2.4	流到国外的资金			726	697	668	639	610	581	581
2.4.1	国外借款本金偿还			581	581	581	581	581	581	581
2.4.2	国外借款利息支付			145	116	87	58	29		
2.4.3	其 他									
2.5	项目间接费用			49	49	49	49	49	49	49
3	国内投资净效益流量（1－2）	－2145	－3250	1019	1048	1077	1106	1134	1164	2060

计算指标：国内投资经济内部收益率：10.7%。

国内投资经济净现值：138万元。

项目国民经济效益费用流量表见表4-5。

表 4-5 项目国民经济效益费用流量表（万元）

序号	项 目	计 算 期								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	效益流量			2766	2766	2766	2766	2766	2766	3662
1.1	销售收入			2610	2610	2610	2610	2610	2610	2610
1.2	回收固定资产余值									374
1.3	回收流动资金									522
1.4	项目间接效益			156	156	156	156	156	156	156
2	费用流量	3300	6494	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021
2.1	建设投资	3300	5000							
2.2	流动资金		522							
2.3	经营费用		972	972	972	972	972	972	972	972
2.4	项目间接费用			49	49	49	49	49	49	49
3	净效益流量	-3300	-6494	1745	1745	1745	1745	1745	1745	2641

计算指标：项目经济内部收益率：6.8%。

项目经济净现值：-966 万元。

4.4 矿床经济效果的不确定性分析

不确定性分析是对矿床开发技术方案中某些不确定因素对其经济效益的影响程度的综合分析。

矿床技术经济分析的对象和具体内容，是对可能采用的各种技术方案进行分析和比较，事先评价其经济效益，并进行方案选优，从而为正确的决策提供科学的依据。

由于对技术方案进行分析计算所采用的技术经济数据大都来自评估人员的预测和估算，有着一定的前提和规定条件，所以有可能与方案实现后的情况不相符合，以致影响到技术经济评价的可靠性。为了提高技术经济分析的科学性，减少评价结论的偏差，就需要进一步研究某些技术经济因素的变化对技术方案经济效益的影响，并提出相应的对策。

通常不确定性分析可分为盈亏平衡分析、敏感性分析和概率分

析。其中盈亏平衡分析只用于财务评价，敏感性分析和概率分析可同时用于财务评价和国民经济评价。

4.4.1 敏感性分析

随着时间的推移和市场供求的变化，原材料及矿产品价格都会随时变化，所以经济评价计算的可行方案很可能随时间变化，其投资的经济效果有可能提高或降低，加之地质储量和品位也会随地质工作和研究程度的提高发生一定程度的变化。上述种种原因的变化都会引起投资收益率或投资利润率的变化，所谓敏感性分析就是研究对投资效果起重要变化的诸因素不确定程度变化的大小与矿山建设投资收益率或投资利润率的关系，并根据其敏感性的强弱指出哪个不确定因素是影响矿山投资经济效果的主要因素，从而指出矿山经营风险的最关键因素，为决策和经营者提供科学依据。

（1）在可行性经济评价中，确定预测项目主要因素发生变化时对经济评价指标的影响，从中找出敏感因素，并确定其影响程度。在项目计算期内可能发生变化的因素有产品产量（生产负荷）、产品价格、产品成本或主要原材料与动力价格、固定资产投资、建设工期及汇率等。敏感性分析通过分析这些因素单独变化或多因素变化对内部收益率的影响。必要时也可分析对静态投资回收期和借款偿还期的影响。项目对某种因素的敏感程度可以表示为该因素按一定比例变化时引起评价指标变动的幅度，也可以表示为评价指标达到临界点（如财务内部收益率等于财务基准收益率或经济内部收益率等于社会折现率）时允许某个因素变化的最大幅度，即极限变化。为求此极限，可绘制敏感性分析图。

（2）为简便起见，也可以不确定因素对基准收益率变化幅度的大小进行敏感性分析。分析几个变化幅度公式：

1）销售收入变化幅度（SA）

$$SA = (R_I \times I_T + C_s)/P - 1 \qquad (4\text{-}20)$$

式中 SA——销售收入对基准投资收益率变化幅度，%；

R_I——基准投资收益率，%；

I_T——矿山总投资，万元；

C_s——年销售成本，万元；

P——年销售收入，万元。

2）销售成本变化幅度（S_c）

$$S_c = (P - R_I \times I_T)/C_s - 1 \tag{4-21}$$

式中 S_c——销售成本对基准投资收益率变化幅度,%；

其他符号意义同前。

3）生产规模变化幅度（P_A）

$$P_A = R_I \times I_T/(P - C_s) - 1 \tag{4-22}$$

式中 P_A——生产规模对基准投资收益率变化幅度,%；

其他符号意义同前。

4）矿山投资变化幅度（I_A）

$$I_A = (P - C_s)/R_I \times I_T - 1 \tag{4-23}$$

式中 I_A——矿山投资对基准投资收益率变化幅度,%；

其他符号意义同前。

4.4.2 盈亏平衡分析

盈亏平衡分析是通过盈亏平衡点（*BEP*），分析成本与收益的平衡关系的一种方法。

盈亏平衡点是企业盈亏的分界点，在盈亏平衡点上，收入与支出相等。众所周知，影响盈利大小的直接因素主要有三个，即单位产品销售价格、成本和产品产量。盈亏平衡点分析就是通过改变售价、成本和产量等因素，引起盈亏平衡点移动的方法来分析不确定性。采用这种方法可以确定企业在某一生产能力水平时的盈利情况。

当销售收入大于总成本，则企业盈利，反之则亏损，为此，需对产品成本费用构成与销售收入的基本构成进行分析。

计算公式：

$$BEP(\text{生产能力利用率}) = [\text{年固定总成本}/(\text{年产品销售收入} - \text{年可变成本} - \text{年销售税金及附加})] \times 100\%$$

BEP(产量) = [年固定总成本 /(单位产品销售价格 - 单位产品可变成本 - 单位产品销售税金及附加)] × 100%

BEP(生产能力) = 设计生产能力 × BEP(生产能力利用率)

亦可做盈亏平衡分析图表示。

分析：盈亏平衡点越低，表明项目适应市场变化能力越大，抗风险能力越强。

4.4.3 概率分析

概率分析是使用概率的方法研究和预测各种不确定性因素对项目经济评价指标的影响。上述敏感性分析只考察了评价指标对各个不确定因素的敏感程度，但未研究各不确定因素的变化对评价指标的这种影响发生的可能性大小，因此，还需要进行概率分析。

概率分析时，一般是计算项目净现值的期望值及净现值大于和等于零的概率，也可以建立评价指标（如内部收益率）的概率分布模型，为项目分析决策及风险分析提供依据。

项目净现值的期望值就是以各种净现值发生的概率为权数而求的加权平均净现值。设某项目在各种条件下的现值分别为 N_1，N_2，…，N_j，它们发生的概率相应为 $P(N_1)$，$P(N_2)$，…，$P(N_j)$，该项目的净现期望值 $E(N)$ 为：

$$E(N) = \sum_{i=1}^{j} N_i P(N_i) \tag{4-24}$$

显而易见，为了进行概率分析，必须事先进行大量的调查研究工作，取得有关的统计数据资料，确定各种状态发生的概率，然后才可以进行计算和分析。

4.5 矿床经济评价实例

山东省某贫铁矿的开发评价。

4.5.1 矿床综合地质评价

矿区地表标高 +45m，均被第四系覆盖，矿体埋藏从 0 ~ 600m。

区内下伏地层为太古界泰山群山草峪组。该组岩性主要为黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩，另有黑云角闪片岩及斜长角闪岩夹条带状、条纹状磁铁角闪石英岩和条带状磁铁石英角闪岩，岩层普遍遭受区域变质作用和不同程度的混合岩化作用。其中条纹（带）状磁铁角闪石英岩是本矿区的含矿层位。岩石具带状条纹状构造，纤状花岗变晶结构，矿物组成为石英、角闪石、磁铁矿、碳酸盐类矿物等。磁铁矿晶粒呈不规则状分布于角闪石周围。

矿床成因类型：沉积变质型。工业类型：鞍山式磁铁角闪岩型贫磁铁矿。

区内有呈平行状分布的矿体 14 个，其中 1 号矿体规模最大，控制程度最高，本例即以其为开采和评价的主要对象。该矿体呈层状、似层状，矿体平均厚度 32.5m，厚度变化较稳定，平均产状走向 152°，倾向南西，倾角 75° ±。

勘探确认的可利用资源量 3128.19 万 t，规模中等。其中 B 级储量 1648.59 万吨，占 52.70%；C 级储量 1404.79 万 t，占 44.91%；D 级储量 74.81 万 t，占 2.39%。矿体中可熔铁平均品位 25.40%，有害元素 S 含量 0.164%，P 含量 0.087%，均不超标，有用元素和有害元素的分布均匀，矿石品位沿走、倾向变化均匀。

矿石主要由石英、角闪石、磁铁矿组成，浅、暗色矿物相间排列形成条纹和条带，条带宽度 1 ~ 3mm。矿石中主要金属矿物为磁铁矿，仅含少量黄铁矿、白铁矿及微量黄铜矿、磁黄铁矿。脉石矿物以角闪石、石英为主，次为绿泥石、绿帘石、石榴石、电气石、黑云母、斜长石及碳酸盐岩矿物。

磁铁矿呈他形粒状，颗粒细小，粒径一般为 0.015 ~ 0.073mm，沿角闪石和石英的间隙或接触处分布。角闪石单体呈柱状，以条带状集中分布；石英以粒状集合体组成条带，与角闪石条带相间出现。

矿石主要结构为他形粒状结构，矿石构造主要为条纹-条带状构造，在近破碎带处部分矿石呈现角砾状构造、碎裂状构造等。

矿体围岩岩性简单，其底板为构造破碎带，岩性为碎裂状黑云变粒岩，破碎带走向与矿体走向基本一致，构成矿体的直接底板。受该破碎带的影响，使矿体底部近底板处矿石变得破碎，降低了矿体的整

体性和完整性。矿体顶板主要为条带状含铁角闪石英岩，局部为黑云变粒岩，顶板岩石的完整性和强度均优于底板岩石。

矿区及周边地区均为冲积平原地貌，地势平坦，北高南低，某河经矿区北部及西部由东北流向西南，该河为一季节性河流。

第四系与太古界泰山群山草峪组变质岩系组成矿区主要地层，其中第四系中的砂层含、富水性均强，为矿区的主要含水层。泰山群变质岩系含裂隙水，为弱含水层。采场水文边界条件可概括为，采场上盘单面进水，下盘大部分阻水，少部分进水和底部进水的边界条件。

4.5.2　矿区外部建设条件

区内乡镇企业较发达，主要从事粮食加工及机械加工，区内人烟稠密，劳动力充足，农民收入及生活水平较高，治安状况良好。电力建设状况良好、供电条件充分。矿区靠近某河，第四系地层厚度较大，含丰富的地下水，且水质良好，能够满足矿山生活生产用水。地方建筑材料砖、瓦、灰、砂和石均可以满足供应，钢材、木材、水泥有充足的货源，质和量可以满足矿山开发要求。建筑施工单位技术力量较强，施工工期和施工质量可以满足工程建设要求。

4.5.3　矿床开采和加工技术条件

矿体赋存于太古界泰山群山草峪组的变质岩系中。含矿岩层为条带状磁铁角闪石英岩，顶板为角闪石磁铁石英岩和黑云变粒岩，底板为碎裂状黑云变粒岩。对矿体顶底板岩石试块的力学性质测试说明岩石本身较致密，抗压强度较高。矿石体重 3.44t/m^3，岩石体重 2.95t/m^3，松散系数均为 1.5，矿石抗压强度 2720～3140kg/cm^2，岩石抗压强度 170～1520kg/cm^2。但由于区内构造裂隙较多，顺层构造和横向构造均发育，因此，顶底板岩石（尤其是底板）多成为碎块状。大大降低了矿层顶底板岩石的完整性及总体力学强度。矿床的开采条件中等。

由于 1 号矿体埋藏在第四系富含水层以下，矿体上盘直接顶板为变粒岩，岩石较破碎，矿体下盘直接底板为碎裂岩，岩石破碎，地表为大片良田村庄，不允许塌落。因此采矿方法选择顶板破坏性小且有

稳定支持作用的充填采矿法。

据原矿矿物工艺学研究，磁铁矿在矿石中主要以它形粒状、组成集合体条带与脉石条带相间嵌布。磁铁矿晶粒较细小，主要分布于0.1mm以下，约占77%，其中0.05mm以下为52.32%，而石英、角闪石0.1mm以上粗颗粒接近一半，这些粗颗粒中往往包裹较多细颗粒磁铁矿，两者不易解离，矿石的磨矿难度也比较大。

选矿工艺采用某矿山研究院经选矿试验所推荐的工艺流程：破碎系统采用“三段一闭路”的工艺流程，其粗碎采用900mm×1200mm颚式破碎机，中碎采用ϕ1750mm标准圆锥破碎机，细碎采用ϕ2200mm短头圆锥破碎机，由振动筛完成闭路。中、细碎皮带头安装磁滑轮两次甩废。磨矿采用三段阶段磨矿流程，一段磨矿与分级机闭路，二段磨矿与水力旋流器构成闭路，三段磨矿与细筛闭路，最终磨矿细度0.043mm（-325目）占85%。选矿流程为阶段磨矿、阶段选别流程，一段磁选采用湿式永磁磁选机；二段磁选采用同型号的磁选机；三段选别采用同型号永磁磁选机磁选，最后用低磁场脉动磁选机精选，选出品位为65%的铁精矿。

4.5.4 生产规模及产品方案

矿山年采、选矿石100万t，生产品位为65%的合格铁精矿30万t见表4-6。

表4-6 项目产品方案表

产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
原　矿	100	27.95	100
铁精矿	30	65.00	69.77
尾　矿	60	12.00	25.76
废　石	10	12.50	4.47

4.5.5 矿床开发效益分析

4.5.5.1 基础参数选取

A 生产期及投资估算

矿山建设期3年；投产期为2年，其中第一年生产负荷为

50%，第二年为70%，投产第三年达产；达产期为15年，评价期为20年。

项目投资总规模24533万元，其中基建投资为23117万元，流动资金为1416万元，全部投资由企业自筹解决。

B　成本估算

所采用的各种原材料、燃料、水、电价格均按当地的实际价格计取，单位矿石的采选成本为138.39元/t原矿，其中：

职工工资及福利费为14400元/(人·a)计；

充填成本8.91元/t矿；

修理费按固定资产投资的2%计，为4.6235元/t矿。

年折旧费率按5.588%计；

维简费9元/t原矿；

递延资产按10年摊销，年摊销费615.2万元；

矿产资源补偿费按销售收入的2%计取，合3.097元/t矿。

C　税金

项目增值税税率为13%，城乡建设维护税按增值税的5%计征，教育费附加按增值税的3%计征，资源税按4元/t原矿计征。

D　产品价格

品位为65%的铁精矿按每吨600元计价。

4.5.5.2　矿床财务评价

A　销售收入和利润

项目的财务状况分析见表4-7，在整个20年的评价期内，项目的销售收入合计291600万元，可获税前利润59510万元、税后利润39872万元。

B　财务盈利能力分析

（1）投资利润率和投资利税率。按年均税后利润与总投资，投资利润率为9%。按年均利税与总投资，投资利税率为13.5%。该项目投资利润率和投资利税率勉强接近本行业平均水平（10%～15%），说明单位投资对国家积累的贡献一般。

（2）财务内部收益率、财务净现值、投资回收期。财务现金流量表（全部投资）见表4-8。根据该表可以算得以下财务指标：

表 4-7 企业财务分析表

序号	项目名称	合计	建设期			投产期		稳产期														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	生产负荷/%					50	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	基建投资/万元	23117	5594	8762	8762																	
2	流动资金/万元	1416			413	463	216	324														
3	销售收入/万元	291600				9000	12600	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000
4	总成本费用/万元	224187				8483	10672	13956	13956	13956	13956	13956	13956	13956	13956	13341	13341	13341	13341	13341	13341	13341
5	销售税金及附加/万元	7903				244	341	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488
5.1	城市建设税/万元	889				27	38	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
5.2	教育费附加/万元	534				16	23	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

续表 4-7

序号	项目名称	合计	建设期			投产期		稳产期														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5.3	资源税/万元	6480				200	280	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
6	实现利润/万元	59510				273	1586	3556	3556	3556	3556	3556	3556	3556	3556	4172	4172	4172	4172	4172	4172	4172
7	偿还基建投资利息/万元																					
8	偿还流动资金利息/万元																					
9	偿还贷款/万元																					
10	应税利润/万元	59510				273	1586	3556	3556	3556	3556	3556	3556	3556	3556	4172	4172	4172	4172	4172	4172	4172
11	所得税/万元	19638				90	523	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1377	1377	1377	1377	1377	1377	1377
12	税后利润/万元	39872				183	1063	2383	2383	2383	2383	2383	2383	2383	2383	2795	2795	2795	2795	2795	2795	2795

表 4-8 净现金流量表

序号	项目名称	合计	建设期			投产期		稳产期															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	生产负荷/%					50	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	现金流入/万元	293407				9000	12600	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	19807
1.1	销售收入/万元	291600				9000	12600	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000
1.2	固定资产余值/万元	391																				391
1.3	回收流动资金/万元	1416																				1416
2	现金流出/万元	248097	5594	8762	9175	7778	10071	13989	13665	13665	13665	13665	13665	13665	13665	13868	13868	13868	13868	13868	13868	13868
2.1	建设投资/万元	23117	5594	8762	8762																	
2.2	流动资金/万元	1416			413	463	216	324														
2.3	经营成本/万元	196022				6981	8990	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003	12003

续表 4-8

序号	项目名称	合计	建设期			投产期		稳产期														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2.4	销售税金及附加/万元	7903				244	341	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488
2.5	所得税/万元	19638				90	523	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1377	1377	1377	1377	1377	1377	1377
3	净现金流量/万元	45310	-5594	-8762	-9175	1222	2529	4011	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4335	4132	4132	4132	4132	4132	4132	5939
4	累计净现金流量/万元	45310	-5594	-14356	-23531	-22309	-19780	-15768	-11433	-7098	-2763	1572	5908	10243	14578	18710	22842	26974	31106	35239	39371	45310
5	税后净现值/万元	3459	-5085	-7241	-6893	835	1570	2264	2225	2022	1839	1671	1519	1381	1256	1088	989	899	818	743	676	883
6	累计税后净现值/万元	3459	-5085	-12327	-19220	-18385	-16815	-14551	-12326	-10304	-8465	-6794	-5274	-3893	-2637	-1549	-560	339	1157	1900	2576	3459
7	税前净现金流量/万元	64948	-5594	-8762	-9175	1312	3052	5185	5509	5509	5509	5509	5509	5509	5509	5509	5509	5509	5509	5509	5509	7316
8	累计税前净现金流量/万元	64948	-5594	-14356	-23531	-22219	-19166	-13981	-8473	-2964	2545	8054	13562	19071	24580	30089	35597	41106	46615	52124	57632	64948
9	税前净现值/万元	9674	-5085	-7241	-6893	896	1895	2927	2827	2570	2336	2124	1931	1755	1596	1451	1319	1199	1090	991	901	1087
10	累计税前净现值/万元	9674	-5085	-12327	-19220	-18324	-16428	-13502	-10675	-8105	-5769	-3645	-1714	41	1637	3088	4406	5605	6695	7686	8587	9674

所得税后财务内部收益率为12.2%，财务净现值（$i_c=10\%$）为3459万元。

项目的财务内部收益率略超于行业基准收益率，财务净现值大于零，说明本项目投资收益水平较好。

所得税后的动态投资回收期 16 − 1 + 560/899 = 15.62 年（含建设期3年），静态投资回收期 10 − 1 + 2763/4335 = 9.64 年。

（3）不确定性分析。以下针对铁精矿价格、产率、投资、成本这4个因素进行不确定性分析。

1）敏感性分析。对上述4个在评价期内可能发生变化的主要因素进行单因素敏感性分析，分析结果如表4-9所示。

各因素发生变化对全投资内部收益率的影响幅度可用图4-7直观地表现出来，从该图可以看出，投资最不敏感，而其余3个因素的影响程度相当，且其敏感程度不小。企业在未来的生产经营过程中，通过不断地革新技术、降低产品成本、提高精矿的产率来提高项目的抗风险能力。

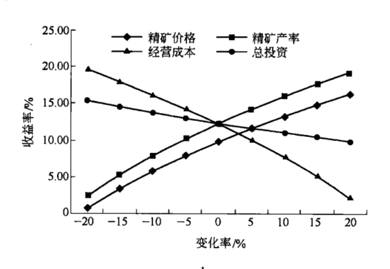


图4-7 项目单因素敏感性分析

2）盈亏平衡分析。以生产能力利用率、铁精矿价格和铁精矿产率表示的盈亏平衡点均为80.04%。由此可见，本项目出现亏损的风险比较大。

表 4-9 项目单因素分析表

变化因素	指标名称	变化率/%								
		-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
精矿价格	全投资内部收益率/%	0.62	3.37	5.75	7.87	9.80	11.58	13.24	14.80	16.28
	全投资净现值/万元	-13831.8	-10258.6	-69404	-3644.7	-359.8	2921.6	6202.9	9484.3	12765.7
	动态投资回收期/年	>20	>20	>20	19.78	15.62	13.16	11.64	10.55	9.74
精矿产率	全投资内部收益率/%	2.29	5.27	7.83	10.12	12.20	14.12	15.92	17.62	19.24
	全投资净现值/万元	-10013.3	-6440.2	-3121.9	173.8	3458.7	6740.0	10021.4	13302.8	16584.1
	动态投资回收期/年	>20	>20	>20	19.78	15.62	13.16	11.64	10.55	9.74
经营成本	全投资内部收益率/%	19.55	17.85	16.07	14.19	12.20	10.05	7.71	5.10	2.13
	全投资净现值/万元	17007.5	13620.3	10233.1	6845.9	3458.7	71.4	-3315.8	-6703.0	-10090.2
	动态投资回收期/年	9.57	10.40	11.51	13.07	15.62	19.91	>20	>20	>20
投资	全投资内部收益率/%	15.39	14.49	13.66	12.90	12.20	11.54	10.92	10.34	9.80
	全投资净现值/万元	7289.0	6329.7	5371.7	4414.7	3458.7	2503.3	1548.5	594.2	-359.8
	动态投资回收期/年	12.04	12.81	13.66	14.60	15.62	16.76	18.02	19.33	>20

5 矿山技术指标优化

所谓“矿山技术指标”（或称“矿山经营参数”），是指在当前的技术经济条件下，可以人为地加以调整，用以控制矿-冶的生产，进而影响矿-冶效益的一些参数。以铁矿为例，在地质-采矿-选矿-烧结（球团）-炼铁生产系统中，就有圈定矿体的品位指标、采矿损失率、贫化率、入选品位、磨矿细度、选矿回收率、精矿品位、选矿比（或精矿产率）、烧结矿、球团矿的品位和碱度、炼铁渣量、焦比、高炉利用系数等等。这些技术指标之间，以及它们与其他技术经济参数间，存在着相互联系、互相制约、互为变量的复杂关系，可谓牵一发而动全身。因此，立足于整个矿-冶行业，在确定总体经营目标的基础上，对这些生产技术指标进行实时、整体、动态的优化，是实现矿-冶生产经营效益化和资源利用合理化的重要途径。

北京科技大学陈希廉教授领导的矿产经济科研组，从 20 世纪 80 年代初即开始进行矿山技术指标优化的研究，先后承担了有关矿山技术指标优化的国家“九五”、“十五”、“十一五”重点科技攻关（支撑）项目，在国内 20 多家矿山开展了矿山技术指标优化的研究，取得了显著的经济效益和社会效益。通过 20 多年的研究和实践，在矿山技术指标优化上形成了一整套较为完善的理论和方法体系。以下介绍该理论和方法体系。

5.1 矿山技术指标优化的目的和意义

开展矿山经济技术指标的优化研究，利用研究结果指导矿山的具体生产实践，是提高矿产资源开发的经济效益，以及使资源得到充分利用、资金充分发挥其作用、使矿山获得较高的经济效益和社会效益的有力措施。面对近年来国内冶金行业极度扩张的形势，矿-冶行业普遍采取了国内和国外“两种资源、两个市场”的战略，这种战略从本质上来说是正确的，但其前提是国内矿产资源充分合理的利用。

矿产资源的不可再生性和矿石开采过程的不可重复性决定了在现有的市场环境和生产技术水平下，首先必须动态地界定资源的概念，对在传统指标下被确定为“废石”，而在目前的条件下适于开采的矿石资源尽可能地加以利用，从而提高现有矿产资源的总体回收效益，此外，矿山企业所采用的主要生产技术指标是特定生产经营环境和技术条件下的产物，而这种经营环境往往是变化的，企业自身的生产技术也是不断进步的，这就要求矿山企业必须不断地优化或调整其主要的生产技术指标，在保证矿产资源合理利用程度的基础上，使企业获得尽可能多的经济效益。显然，基于这些目的而对矿山的主要技术指标进行优化将会具有非常重大的意义。

(1) 矿山的生产技术指标采用的合理与否，对矿产资源的充分合理利用和企业的效益影响很大。例如，福建紫金山金矿 1994 年经福建省储委批准的详查金储量为 5.45t，平均品位 4.24g/t，目前该矿年产黄金约 10 万两，年利润约 5000 万元。一个小矿怎么会有如此显著的效益？主要原因之一是该矿 2001 年 5 月经审定的 B + C + D + E 级金储量扩大为 123.46t，从一个小矿一跃成为储量位居全国第一的超大型金矿床。这主要不是因为找矿有了新发现，而是由于降低了品位指标：边界品位指标降至 0.5g/t，工业品位指标降至 1g/t，全矿床平均品位指标降至 1.5g/t。虽然矿石平均品位降至 1.68g/t，但因储量大，可以进行大规模露天开采，采矿成本仅为 16.67 元/t 矿，不到全国平均水平的一半，效益反而显著提高。当然，紫金山金矿有其特殊的采、选有利条件，不是所有矿山正确确定合理的品位指标后，都能出现储量和效益的如此奇迹般的大幅提高。但这足以说明，优化品位指标和其他矿山技术指标的重要性。

(2) 所谓的最佳生产技术指标也不是一成不变的，而需随着技术进步、生产成本和产品市场价格的变化而进行动态的调整。例如，在采矿、选矿技术有所进步，矿山产品成本下降，矿产品市场价格提高的有利条件下，矿山可以考虑适当地降低其工业指标，在获得一定的经济效益的前提下，使有限的矿产资源得到最为充分的利用；反之，如果生产成本、市场价格水平等因素对企业的生产不利，则也应根据实际的情况对其生产技术指标进行调整，从而使矿山的生产始终

处于整体最佳的状态。也就是说，矿山生产技术指标的优化是一项伴随其整个生产过程的动态过程。

（3）世界上技术先进的矿山，对包括矿床工业指标在内的矿山生产技术指标的优化都非常重视，每当矿产品价格有较大变化，或生产技术有较大进步时，都要对其主要生产技术指标进行及时的优化，以便取得更佳的效益。

（4）在我国，许多矿山所执行的工业指标等生产技术指标，往往没有或已多年未进行过严密的技术经济分析，因而很难说其能使矿山达到整体效益的最佳状态。随着市场的变化和技术的进步，对这些生产技术指标及时进行调整和整体优化，以取得最佳的效益，是市场经济对处于其中的企业生产的必然要求。

5.2　矿山技术指标优化应考虑的影响因素

确定合理矿山技术指标应考虑的因素与矿床经济评价应考虑的因素及参数相似，这里进一步说明这些因素怎样影响工业指标。

5.2.1　地质因素

（1）矿床的规模及形状复杂程度。规模越大、形状越简单，则越可使用低成本的采矿法，工业指标（尤其是品位指标）的尺度越可放宽些，否则应该严些。

（2）矿石类型。例如，同是铁矿石，类型不同指标应不同。磁铁矿矿石与赤铁矿矿石由于其物理性质和技术加工特性不同，其指标显然也应不同；同时，类型越多，开采越复杂，每类指标也应越高。矿石类型因素往往是选、冶加工因素结合起来起作用，矿石类型不同则加工技术条件不同，因而成本不同。因此，此类矿山合理的技术指标应是能够实现矿山整体效益最大化、体现不同类型矿石特点的地、采、选分类系列指标。

（3）矿石质量分布特点。一方面，如果矿石的质量分布无规律且变化程度大，使开采和加工复杂化，成本提高（如需增加质量管理费用及配矿费用等），则在工业指标方面的要求应严些；另一方面，当对工业指标（如边界品位）要求太高时，又易使矿体支离破

碎而增加开采困难，开采的损失率、贫化率指标会大幅度地提高。所以，在采用双品位指标制的情况下，又可适当降低边界品位使质量不均匀的矿石连成一片，而有利于开采。

(4) 矿体的产状。当矿体倾角比较陡时，矿体的最小可采厚度及夹石剔除厚度可定得小些，反之则应大些。这是因为当矿体倾角较大时，尽管其厚度可能比较小，但工人仍可在开采中出现的空间进行作业；而当倾角很缓时，尽管矿体厚度较大，工人仍难进入开采空间作业。此外，当矿体倾角小时，开采中矿石易与夹石或围岩相混，因此可采厚度指标及品位指标应要求高些（即厚些、富些），否则太薄、太贫的矿体贫化后，采出的矿石都成为废石了。

(5) 矿体的埋藏深度及覆盖层厚度。矿体埋藏越深，覆盖层越厚，则开采成本越高，而品位指标的要求则越高。

(6) 水文地质条件。矿床水文地质条件越复杂，则开采时所需排水和治水工程费用多，开采成本也越高，因此品位指标也要求高一些。反之则可低一些。

(7) 矿岩的物理性质。包括岩石、矿石的穿爆性质及稳固性等。如果矿石、围岩稳固性、穿爆性好，支护和爆破等开采费用会比较低，此时就允许适当降低品位指标。

(8) 矿石的矿物组成及结构构造。这影响到矿石的技术加工条件，如果矿石的矿物组成简单，结晶粗大，则选、冶性能比较好，矿石的加工技术指标会比较好，此时品位指标可适当放得低一些。

5.2.2　技术因素

(1) 开采技术因素。开采技术因素是指露天开采还是地下开采、采矿方法、机械化装备等方面。

例如，露采时，往往开采效率较高，成本较低，因此品位指标（边界品位和最低工业品位）可定得低些；但因爆破规模较大，作业的机械化程度较高，所以最小可采厚度及夹石剔除厚度则要求大些，但此时开采过程的混岩率会比较高；反之，坑内开采时则与此相反。

此外，同样是坑内开采，所用开采方法不同，机械化程度不同，指标也不同。一般情况下，高效率采矿法，机械化程度较高的，品位

指标可低些；而夹石剔除厚度及最小可采厚度的指标则要高些。

同时，这些因素也影响最大可采深度。显然，露采的最大开采深度往往小于地采，同样是地下开采，较先进的开采工艺其最大开采深度较大。

(2) 加工技术因素。加工技术因素是指选矿和冶炼技术因素。显然较先进的选、冶技术成本低，回收率高，产品质量好，工业指标的要求可放宽些；反之则要严些。

5.2.3 经济因素

如产品成本、价格、要求上缴的利税等对矿山技术指标都有影响，尤其是成本和价格更为敏感，成本高而价格低，则对工业指标要求高，反之则可放宽。

5.2.4 地理因素

地理因素包括自然地理与经济地理因素。地理条件有利，当然可以放低工业指标的要求；地理条件不利时，甚至指标提得再高也不能开采。

5.2.5 政治因素

对于作为战略物资的矿产、国家急需的矿产或为了满足区域工业体系配套的矿产，工业指标要求可放低。如铬矿床，世界上多数国家其贫矿 Cr_2O_3 边际品位都在20%以上；而我国在1972年所定的指标，贫矿的边界品位为 $w(Cr_2O_3) > 5\% \sim 8\%$，最低可采品位 $w(Cr_2O_3) > 8\% \sim 10\%$。这就是由于当时各国都不出售铬矿石给我国，而我国的铬矿资源又太贫乏而造成的。

以上各因素不是孤立地影响矿山技术指标，它们往往是相互联系的，例如前述赤铁矿矿石的工业品位应高于磁铁矿矿石。这首先是由于地质因素及物理性质的差别引起的。这个因素导致选矿技术的不同，又影响到成本的不同，如磁铁矿可用磁选，而赤铁矿要用焙烧磁选或浮选，由于选矿技术的不同而要求品位指标也不同。所以应把这些因素联系起来考虑。此外，有些因素间没有必然的联系，则要求给

予全面的考虑，如技术因素与政治因素往往没有直接联系，但两者都应该同时予以考虑。

5.3　矿山技术指标优化的原则与方法

国内外有关矿山经济技术指标的制定问题，由于受体制、价值观念差异的影响，无论是理论研究还是具体的确定方法都没有一个通用的标准。因此，针对我国的具体情况，在制定生产技术指标时，必须确立一定的原则，形成系统的分析方法，其研究结果才有可能符合生产的实际情况，才能实现矿山的经营目标和国家的资源效益目标。

5.3.1　矿山技术指标的优化原则

（1）多目标优化的原则。合理的生产技术指标，应该体现资源回收和经济效益的整体最优化，经济效益中还应兼顾宏观经济效益和微观经济效益，即兼顾多个优化目标。既不能只强调经济效益，也不能只强调资源回收效益，不顾经济效益。

（2）双指标异步滚动优化。我们认为，在优化与矿床资源状况有着直接关系的矿床工业指标时，如果按某一原则先确定边界品位或工业品位指标中的某一个，然后再确定另一个品位指标，则不能保证两者都是最合理的指标，因为两者互相关联地影响着决策目标的好坏。优化时应同时变动边界品位和工业品位，将其组合成多个双品位指标方案（即异步滚动），再进行各方案的技术经济分析，从中找出综合效益最佳者，并将其作为合理的品位指标。

（3）动态性原则。首先，生产技术指标的制定不应是一劳永逸的事情，而应随着时间的推移，当采矿、选矿等生产的技术水平取得了进步，产品价格、生产成本等发生了变动时，适时地进行调整。其次，经济技术指标与其他相关的技术经济指标之间存在着互相制约、互为变量的关系。例如，当品位指标提高时，矿体的规模将缩小，储量减少，而地质平均品位会有所提高，这些变化将导致原矿采出品位及选矿回收率提高，因而，矿山的经济效益暂时可能会有所提高，但矿山的可利用储量减少了，不利于矿山的长期生存，更不符合国家的资源利用政策。而降低品位指标时，又会出现相反趋势的一系列变

化。因此，在制定矿山生产技术指标的研究过程中，必须建立起能反映这些指标与相关技术经济参数之间这种动态变化关系的数学模型。

5.3.2 矿山技术指标的优化方法

5.3.2.1 建立以边界品位及工业品位为自变量求储量和平均品位的数学模型

矿床工业指标是圈定矿体和计算储量的基础，该指标确定的合理与否将直接影响着矿山经营效果的好坏。因此，建立矿床计划开采境界范围内矿体储量（包括平均品位）与矿床工业指标之间的动态关系模型就显得非常重要。国外生产技术比较先进的国家，都是在建立这种动态关系模型的基础上，根据矿产品的相关政策和市场需求，适时地调整矿床开采的工业指标，以保证矿山生产始终处于最佳的盈利状态。在西方国家，目前有关矿体储量和平均品位模型的建立，多是采用克立格法或距离 K 方反比法，但是这两种方法都只适用于单品位指标制，即边际品位（Cut-off Grade）一个品位指标下的建模。而我国的大多数矿山采用的都是双品位指标制，即边界品位和工业品位两个指标。因此，不能照搬国外的建模方法。我们在总结国内外相关研究的基础上，摸索出了一套具有我国特色的数理统计建模法，这种建模法的基本思路是：在探矿工程分布基本均匀的条件下，不同品位段见矿样品总长度（此长度如不是矿体真厚度，应换算成真厚度）的比值，可以代表其储量的体积比值，该比值可用品位的频率分布来表达；这种体积比值，可通过与体重（随品位的变化而变化）的关系，换算为储量。具体建模步骤如下：

（1）进行探矿工程样品品位频率的统计。在此种统计中，要将每个被评价开采地段有关的样品及其样长数输入数据库，然后将各样品的样长换算为沿矿体真厚度方向的样长，再进一步统计各样品品位段（或各品位间隔）的样品长度，例如，品位段为 1% ~2%、2% ~3%、3% ~4%、…、n% ~ $(n+1)$%等各品位段的样品总长度，最后将样长数当作频数再换算成频率进行统计。

（2）绘制品位频率分布图。基于上述品位频率统计的结果，即可绘制矿石品位分布频率图，由该图形可大致了解矿石品位频率分布

的特点，以便为确定品位分布的概率密度函数做准备，图 5-1 是一个品位频率分布图的实例。

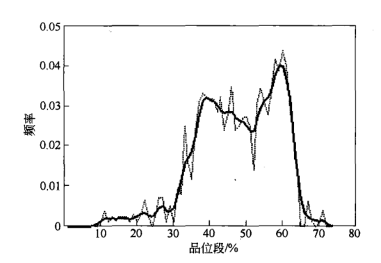


图 5-1　某铁矿品位频率分布图

（3）对统计数据进行滤波处理。为了消除勘探取样化验过程产生的随机误差，以及个别的不规则数据，可采用滑动平均法对统计结果进行处理。图 5-1 中的细虚线是原来的频率分布曲线，上下波动很大，粗黑线是经过滤波处理后的频率分布曲线。

（4）确定品位分布的概率密度函数。由图 5-1 可以看出，该矿的品位频率分布曲线呈双峰形态，大致可看出其频率密度函数是由一个左偏对数正态分布函数和一个右偏对数正态分布函数叠加组成的。

根据品位频率分布曲线图及某些数理统计检验，可确定品位分布的概率密度函数。不同矿床有不同类型的此种函数。就我们所研究过的近 30 个矿床来说，有如下几种函数：

1）服从正态分布的函数，其函数式为：

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \times e^{-[(x-u)^2/(2\sigma^2)]} \tag{5-1}$$

式中　e——自然对数的底；

x——品位；

σ——品位的均方差；

u——品位的均值。

2）服从左偏对数正态分布的函数，其函数式为：

$$f(x) = \frac{1}{(x-c)\sigma\sqrt{2\pi}} \times e^{-[\ln(x-c)-u]^2/(2\sigma^2)} \tag{5-2}$$

式中 σ——$\ln(x-c)$的均方差；

u——$\ln(x-c)$的均值；

其他符号意义同前。

3）服从右偏对数正态分布的函数，其函数式为：

$$f(x) = \frac{1}{(c-x)\sigma\sqrt{2\pi}} \times e^{-[\ln(c-x)-u]^2/(2\sigma^2)} \tag{5-3}$$

式中各符号含义同前。

当一个矿床存在两次以上的成矿作用时，可形成双峰乃至多峰型的分布曲线，这时往往形成了两种乃至多种上述分布函数的叠加，下面是某个铁矿床的双峰型品位频率密度函数的数模实例，由该实例可以看出前面三个数模中的 σ、u 等符号都已变为具体的数字：

$$f(x) = \frac{1}{2.256(x-11)} e^{\frac{-[\ln(x-11)-1.8]^2}{1.62}} + \frac{1}{0.348\times(120-x)} e^{\frac{-[\ln(120-x)-4.3088]^2}{0.038642}}$$

柯氏检验：$D=0.0198$；柯氏检验临界值：$D_0=0.0238$。

（5）建立以品位为自变量求体重的数学模型。对铁、锰等矿床而言，矿石的体重与其主要有用组分的品位密切相关，所以在建立储量和地质品位数模时，还要建立这种数模。这种数模可利用大量小体重测定的数据，用回归分析求得，必要时可以用大体重的数据予以纠正。当然，如果主要有用组分的含量对矿石的体重影响不大（例如金矿），则无须建立此类数模，在实际储量计算过程中取体重平均值即可。

（6）建立以积分法求储量和平均品位的数学模型。其中

1）积分法求储量的数模为：

$$Q(c_1, c_2) = Q_0 \times \frac{\int_{c_1}^{c_2} \varphi(x)\cdot D(x)\cdot f(x)\,dx + \int_{c_2}^{\infty} D(x)\cdot f(x)\,dx}{\int_{c_a}^{c_b} \varphi(x)\cdot D(x)\cdot f(x)\,dx + \int_{c_b}^{\infty} D(x)\cdot f(x)\,dx} \tag{5-4}$$

式中　$Q(c_1,c_2)$——在边界品位为 c_1，工业品位为 c_2 时的矿石储量（$Q_0=1$ 时，该式可称为储量系数）；

Q_0——在边界品位为 c_a，工业品位为 c_b 时用其他储量计算方法已经求得的矿石储量；

$D(x)$——在矿石品位为 x 时矿石的体重；

$f(x)$——品位分布的概率密度函数；

$\varphi(x)$——品位介于边界品位与工业品位间的样品进入表内矿的概率函数，概率函数一般为：

$$\varphi(x)=\left(\frac{x-c_1}{c_2-c_1}\right)^m(c_1\leqslant x\leqslant c_2) \tag{5-5}$$

式中　m——随矿床地质条件而定，对具体矿山可通过参数估值求得；

其他符号意义同前。

2）积分法求平均品位的数模为：

$$C(c_1,c_2)=\frac{\int_{c_1}^{c_2}x\cdot\varphi(x)\cdot D(x)\cdot f(x)\mathrm{d}x+\int_{c_2}^{\infty}x\cdot D(x)\cdot f(x)\mathrm{d}x}{\int_{c_1}^{c_2}\varphi(x)\cdot D(x)\cdot f(x)\mathrm{d}x+\int_{c_2}^{\infty}D(x)\cdot f(x)\mathrm{d}x} \tag{5-6}$$

式中　$C(c_1,c_2)$——边界品位为 c_1，工业品位为 c_2 时的矿石平均品位；

其他符号意义同前。

（7）通过回归分析建立求储量和平均品位的数学模型。以上式(5-4)、式（5-6）虽然已经可以用来计算储量和平均品位，但是不便于进行综合技术经济分析时使用。为此，可通过回归分析，在保证回归精度的前提下，进一步建立以边界品位和工业品位为自变量求矿体储量和平均品位的数学模型。具体方法是：先用式（5-4）、式(5-6）计算出若干个（如40~60个，视使用时的需要而定）可能出现的边界品位和工业品位方案下的矿体储量和平均品位，这样每个方案即可形成一个数据组，对这些数据组进行回归分析即可得到所需要的模型。

5.3.2.2 建立损失率和贫化率之间的相关关系模型

采矿损失率与贫化率是矿山生产中的主要技术指标之一。不恰当的损失、贫化，不仅歪曲矿床的经济价值，造成矿山当前的经济损失，而且浪费了宝贵的矿产资源，使国民经济的宏观效益遭受损失。

一般而言，矿石开采的损失率和贫化率之间存在着一定的相关关系，贫化率大，损失率相应地就会变小。因此，如有可能，应当尽可能建立起贫化率与损失率之间的这种关系模型，这样就可以将不同边界品位和工业品位方案下的矿石储量和平均品位动态地转化为采出矿量和采出品位。当然，若难以收集到可行的资料，则只能选取适当的损失率、贫化率平均值。

5.3.2.3 建立以原矿品位为自变量求选矿比及精矿品位的数学模型

对选厂生产而言，基于稳定的生产工艺流程，其选矿比、精矿品位与原矿品位之间一般有着比较密切的关系，原矿品位越高，则选矿比应越小、精矿品位应越高。因此，应该尽可能建立起反映此种相关关系的数学模型。

5.3.2.4 建立综合技术经济分析模型

所谓“综合技术经济模型”就是将与分析和计算矿山的经营目标有关的主要技术指标（待优化的）、静态技术经济指标和上述建立的各种动态关系模型，根据它们之间的内在联系，通过一定的手段进行有机的集成而构筑起来的动态技术经济分析模型，该模型是对不同矿山技术指标方案进行对比和寻优的基础。即利用该模型，可根据多个决策变量来求解多个决策目标函数。同时，还可利用此模型进行成千上万个方案的对比分析计算。

5.3.2.5 进行多目标优化决策

矿山技术指标优化的目标，就是确定能使企业获得经济效益和资源回收效益最佳的边界品位、工业品位等矿山技术指标，其本质上就是一个多目标决策问题。

在进行多方案的对比时，不同的决策目标，其峰值（理想值）往往可能出现在不同的方案中。即有可能出现这样的情况：总利润最高的方案，却不是资源回收效益最好的方案，这时对于决策就会出现

无所适从的情况。

为了解决上述问题，可采用近年来广泛应用于多目标优化决策领域的模糊综合评判法。其具体方法如下：

选择隶属函数，分别计算不同技术指标方案下各决策目标的隶属度。对诸如总利润、净现值、资源回收总量等取值越大，对总目标的贡献也越大的目标，可选择以下隶属函数：

$$\mu(X_{ij}) = \begin{cases} 0 & X_{ij} \leqslant X_{j\min} \\ \dfrac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} & X_{j\min} < X_{ij} < X_{j\max} \\ 1 & X_{ij} \geqslant X_{j\max} \end{cases} \tag{5-7}$$

式中 $\mu(X_{ij})$——第 i 方案对第 j 目标的隶属程度，即模糊隶属度；

X_{ij}——第 i 方案下第 j 个决策目标的计算值；

$X_{j\min}$——所有方案中第 j 个决策目标的最小值；

$X_{j\max}$——所有方案中第 j 个决策目标的最大值。

反之，对诸如能耗之类的取值越大，对总目标贡献越小的目标，则可选择如下的隶属函数：

$$\mu(X_{ij}) = \begin{cases} 1 & X_{ij} \leqslant X_{j\min} \\ \dfrac{X_{j\max} - X_{ij}}{X_{j\max} - X_{j\min}} & X_{j\min} < X_{ij} < X_{j\max} \\ 0 & X_{ij} \geqslant X_{j\max} \end{cases} \tag{5-8}$$

可见，决策目标最大值的隶属度为 1，最小值的隶属度为 0，其余各决策目标值的隶属度均大于 0，小于 1。

用以上隶属函数计算各品位指标方案下各个决策目标值的隶属度以后，计算它们的加权平均值，对第 i 个具体的决策方案，其综合隶属度的计算如下式所示：

$$\mathrm{Lsd}(i) = \sum_{j=1}^{n} W_j \mu(X_{ij}) \tag{5-9}$$

式中 i——方案 i 的综合隶属度；

j——决策目标，$j=1, 2, \cdots, n$；

W_j——第 j 个决策目标的权重系数。

显然，综合隶属度最大的方案，就是所欲寻求的最优方案，其所对应的边界品位、工业品位等决策变量的取值，即是优化后的合理技术指标值。

5.3.3 扣除前序费用理论介绍

这是品位优化决策过程中所依据的理论之一，主要思想如下：

该理论认为在经济分析中为了回收一定地段内开拓、采准、回采矿石或者回收存窿贫化后的低品位矿石，在计算其生产费用时，只要考虑其后序的生产费用，再与其产值对比以重新确定其合理的品位指标。如在已经完成开拓及采准的地段内，如存在表外矿，经过经济分析这些表外矿可能部分或者全部加以利用，因为利用这部分矿石可以不再花费开拓及采准工程费用，开采成本可以适当降低，因此部分或者全部表外矿就可能变成有开采价值而转化为表内矿，相应地就可以降低采准矿量的品位指标。这样就可以在保证经济效益的前提下，尽量多回收矿产资源。当然如果划分的级别过多，会使矿山地质工作复杂化，故一般只划分开拓矿量、采准矿量和备采矿量三种级差品位指标。

按照"扣除前序费用理论"，在矿床勘查、开拓、采准、回采直到出（放）矿的不同阶段，由于已经支付出不同阶段的前序生产费用，所以应该采用不同的品位指标，它们构成递减的级差现象，这就是所谓的级差品位概念。

品位指标优化时，改变技术指标，必然会使矿石的产量、品位和成本发生变化。在测算新技术指标下的成本时，不能简单地沿用原技术指标下的单位成本，而是要对成本进行分解，仔细地分析各项分解的成本中，哪些是在新技术指标下可以扣除的前序费用，并在测算新技术指标下的成本时加以扣除。如在降低品位指标时，可以将部分或者全部表外矿矿石划为表内矿加以开采，如果这些矿石赋存于露采境界内，则回收它们可不再耗费前序穿孔、爆破等费用，只要投入后续工序的费用。因为即使不回收利用它们，也要将其爆破并运到废石场

去，故前序穿孔、爆破等费用可以扣除；但在坑采时，降低品位指标，使矿体范围扩大，采准、凿岩、爆破、回采、运输、提升等费用都将增加，即采矿变动费用都将增加，不能扣除；而在坑采时降低出矿截止品位，从而提高混岩率、降低损失率时，所多回收的这部分矿石，可以不再耗费前序采准、切割、回采的凿岩爆破等费用，只要耗费这些矿石有待于再投入的费用，如铲装、运输、选矿等费用，则前序费用又可以扣除。可见，同是改变技术指标后增加矿石产量，可以扣除的前序费用却不同，要认真分析。

在《矿山地质手册》中，建议采用式(5-10)来计算最低工业品位：

$$C_{\min} = \frac{C_d \times S}{Z_d \times K_d \times (1 - K_f)} \tag{5-10}$$

式中　$C_{\min}$——最低工业品位，%；

S——1t 矿石的探、采、选、冶生产总成本；

K_f——开采贫化率；

K_d——选冶总回收率；

Z_d、K_d、C_d——精矿价格、回收率和平均品位。

设 C_1、C_2、C_3 分别为开拓矿量、采准矿量和备采矿量的品位(%)，则：

$$C_1 \geqslant \frac{C_d(C_1') \times S_1}{K_d(C_1') \times [1 - K_f(C_1')] \times [S + P]} \tag{5-11}$$

$$C_2 \geqslant \frac{C_d(C_2') \times S_1}{K_d(C_2') \times [1 - K_f(C_2')] \times [S + P]} \tag{5-12}$$

$$C_3 \geqslant \frac{C_d(C_3') \times S_1}{K_d(C_3') \times [1 - K_f(C_3')] \times [S + P]} \tag{5-13}$$

式中　C_1'、C_2'、C_3'——与 C_1、C_2、C_3 相对应的平均入选品位，%；

S——平均成本，元/t；

P——平均利润，元/t；

$C_d(C_1')$、$C_d(C_2')$、$C_d(C_3')$——与 C_1、C_2、C_3 相对应的精矿品位，%；

$K_d(C_1')$、$K_d(C_2')$、$K_d(C_3')$ ——与 C_1、C_2、C_3 相对应的选矿回收率,%;

S_1、S_2、S_3——与 C_1、C_2、C_3 相对应的后续生产工序的费用，元/t。

5.4 合理开采损失率与贫化率的确定

5.4.1 概述

采矿中的损失率与贫化率是矿山生产中的主要参数之一。不恰当的损失、贫化，不仅歪曲矿床的经济价值，造成矿山当前的经济损失，而且浪费了宝贵的矿产资源，使国民经济的宏观效益遭到损失。

目前，我国矿产资源利用率较低，浪费严重是主要问题。例如，有的铁矿在做开采设计时，储量的利用率仅为32% ~64%，在开采中损失率高达20% ~40%。据统计，有色金属储量损失1/4 ~3/4。湖北某大型磷矿，出矿品位 P_2O_5 含量高达18%，比一般工业品位高3% ~6%，仅 P_2O_5 含量在15% ~18%之间的矿石量就达2000万t，等于扔掉一个中型矿床。难怪有人慨叹:“找矿供不起扔矿”。

但是也不能简单地认为损失、贫化越低越好。极而言之，损失、贫化绝不可能降低到零。因为为了降低损失、贫化，就要付出一定的代价（如用更多的探矿工程把矿体边界圈定得更准确；采用成本较高、效率较低的采矿方法等），只有当此代价小于因降低损失、贫化所增加的经济效益时才是合理的。否则，宁肯损失、贫化大一些，在经济上反而更合理。例如，山东莱芜马庄铁矿在生产实践中提高贫化率反而提高了经济效益（因为提高贫化率使损失率降低了）。如表5-1所示。

表5-1 马庄铁矿利润与损失率、贫化率的关系

时 间	贫化率/%	损失率/%	年利润/万元
1982年	23.16	62.69	-119.96
1983年	27.87	49	-19.98
1984年	32.79	27	16.96

贫化率虽然提高了，但损失率降低，多回收了矿产资源。1984年比1982年多回收铁精矿3.3万t，矿山实现扭亏为盈（当然，扭亏为盈的原因很多，多回收矿产资源是重要原因之一）。

又如某矿山Ⅰ、Ⅱ矿体，原来出矿时混岩率是13%，损失率是18%，2008年经过我们与该矿山共同研究，将混岩率提高到15%，可以多回收矿石量，从而提高经济效益。

所以，应该用矿床经济评价的方法，确定经济上合理的损失率与贫化率。本书主要从财务评价的角度，讨论确定合理损失率与贫化率的方法。

损失率的计算公式：

$$\varphi = \frac{Q - Q_1}{Q} \tag{5-14}$$

式中 φ——损失率；

Q——地质储量；

Q_1——采出的地质储量。

贫化率有两种含义：围岩混入率和品位降低率。围岩混入率计算公式如下：

$$\rho = \frac{T}{Q_1 + T} \tag{5-15}$$

式中 ρ——围岩混入率；

T——混入采出矿石中的围岩量；

Q_1——采出的地质储量。

由于 Q_1 和 T 数据难以取得，计算 ρ 时可采用式（5-16）的间接方法：

$$\rho = \frac{C - C'}{C - C''} \tag{5-16}$$

式中 C——地质品位；

C'——采出矿石平均品位；

C''——围岩品位；

品位降低率计算公式为：

$$\rho_1 = \frac{C - C'}{C} \tag{5-17}$$

式中 ρ_1——品位降低率。

比较式（5-16）和式（5-17）可知，只有当围岩品位为0时，品位降低率 = 围岩混入率。如石英脉金矿可以视 $C''=0$；对于铁矿，一般 $C''\neq 0$。

5.4.2 确定合理损失率和贫化率的方法

对不同的采矿方法，损失率和贫化率的相互关系分两种情况。一种情况是二者相关关系不密切，如长壁法、充填法、房柱法等；另一种情况是二者相关关系较密切，如崩落法、露天开采等，二者为负相关关系，即互为反消长关系。造成以上情况的原因不言自明，不再赘述。值得注意的是留矿法，二者的相关关系也较密切，因为爆破及放矿过程中总会有岩石随矿石一起落下。在放矿初期，混入的围岩较少，贫化率较低，越到后期，混入围岩越多，如降低出矿截止品位则贫化率升高。因此，提高出矿时的贫化率可多回收矿石，降低损失率。反之，则未放出的矿量增加，损失率提高，二者也呈负相关关系。以下就上述两种情况分别讨论其合理损失率和贫化率的确定方法。

（1）损失率和贫化率相关关系不密切时：

1）设置若干可能的损失率、贫化率方案，将二者排列组合成若干损失贫化方案。

2）对应各损失贫化方案，算出采出矿石量和采出矿石品位。计算公式如下：

$$Q_1 = Q\frac{1 - \varphi}{1 - \rho} \tag{5-18}$$

式中符号意义同前。

$$C_1 = C(1 - \rho_1) \tag{5-19}$$

式中符号意义同前。

当围岩中有品位时：

$$C_1 = C(1 - \rho_1) + C_2\rho \tag{5-20}$$

式中　C_2——围岩品位；

其他符号同前。

若围岩品位 C_2 为零，则 ρ_1 与 ρ 相等，式（5-19）与式（5-20）相同。

3）建立计算精矿量和精矿品位的数学模型：根据选矿试验数据或选矿厂生产实际数据，可求出入选矿石品位（即采出矿石品位）与选比（或产率）的回归方程，以及入选矿石品位与精矿品位的回归方程。

$$\gamma = \frac{Q_1}{q}$$

式中　γ——选比；

q——精矿量；

Q_1——入选矿石量。

求出选比后，即可得到精矿量。根据精矿品位可以得到有矿售价，从而求得销售收入。

4）确定各损失贫化方案对应的投资及采矿和选矿的单位成本。

5）根据以上数据，便可进行各种经济评价指标的计算，从中选取经济上最合理的损失贫化方案。

（2）损失率与贫化率相关关系较密切时：此时，一定的损失率对应一定的贫化率，二者不能再任意组合成损失贫化方案。应根据生产实际数据，确定损失率和贫化率的回归方程。其他步骤与第（1）种情况相同。

5.5　矿山技术指标优化实例

某大型露天铁矿山，设计年采矿石 550 万 t。目前采用的品位指标为边界品位 20%，工业品位 30%，这一指标在 20 世纪 60 年代勘探时由主管部门确定下来并为矿山沿用至今，早在 1981 年该矿就已开始回收表外矿，显然，经过几十年的开采，这一指标已不能适应实际生产情况。矿山设计损失率为 9.5%，贫化率为 10.4%。为了恢复

由于开采贫化而降低了的地质品位，保证入选品位的稳定性，在矿石进入选厂之前预设一道磁滑轮预选工序。选厂为单一磁选流程，破碎系统为三段一闭路，主流程具有阶段磨矿、多段选别、细筛闭路自循环工艺，目前该选厂的入选品位为28.74%。

从该矿的实际情况来看，在露天开采境界内尚有一部分未被利用的表外矿和极贫矿，而选厂目前尚有相当大的富余处理能力，那么，从该矿整体利益和充分利用资源的角度出发，这部分未被利用的矿石是否可以加以利用，采矿、选矿的主要生产技术指标应该保持在什么样的水平上才能使该矿的整体效益达到最佳，就成了企业决策层进一步制定发展战略，合理分配采矿和选矿部门利益的重要依据，本例即是通过应用矿山技术指标整体动态优化技术，对这种可能性进行进一步的技术经济论证。

5.5.1 各指标间动态关系的追踪和分析

5.5.1.1 矿床储量及平均品位模型

矿床工业指标（主要是边界品位和工业品位）的变动将直接影响开采境界内矿量的增减，进而影响采矿损失率和贫化率的大小，因此，必须对设计开采范围内对应于不同工业指标的矿量分别进行统计和计算，从而建立起关于工业指标的矿床储量模型，通过对该矿设计范围内原始勘探资料的收集和整理，采用数理统计法建立其矿床储量和平均品位的数学模型：

$$Q(x,y) = -0.43372 + 0.11408x + 0.03294y - 0.00243x^2 - 0.00076xy - 0.00045y^2$$

$$C(x,y) = 36.34112 - 0.39973x - 0.11067y + 0.00885x^2 + 0.00283xy + 0.00151y^2$$

式中 x——边界品位,%；

y——工业品位,%；

$Q(x,y)$——边界品位为 x，工业品位为 y 时的储量系数（与原勘探指标下储量的比值）；

$C(x,y)$——边界品位为 x，工业品位为 y 时的平均品位,%。

5.5.1.2　开采损失率和贫化率关系模型

经过对该矿近 8 年生产数据的统计分析，发现它们为负相关关系：

$$y = 14.94631 - 0.47551x$$

式中　x——损失率，%；

y——贫化率，%。

相关检验值 $R = -0.784431$，满足大于其临界值 $r5\%(5) = 0.754206$ 的要求。

有了储量模型和损失率、贫化率模型，参照矿山现行的采剥计划，即可通过计算得到不同品位指标和损失率、贫化率指标下的采出矿量和采出品位。

5.5.1.3　选矿模型

通过对 2006 年选厂生产数据的统计分析，磁滑轮预选选比和预选精矿品位与采出品位的数学模型为：

预选选比　$y = 2.040273 - 0.03210997x$

F 检验为：　$F = 97.2919$　$F5\%(206) = 3.88739$

预选精矿品位　$y = 50.43866e^{-14.39628/x}$

F 检验为：　$F = 205.501$　$F5\%(206) = 3.88739$

式中　x——采出品位，%。

预选后矿石进行最终选别，其选比模型为：

$$y = 12.43407e^{-0.05096041x}$$

式中　x——入选品位，%。

在上述主要技术指标之间动态关系分析的基础上，即可建立起从地质储量和品位→采出矿量和采出品位→预选精矿量和预选精矿品位→最终精矿量的动态相关关系。然后，参照矿山实际的经济和财务数据，就可以对这些技术指标的生产实施效果进行相应的分析。

5.5.2　优化方案的制订和决策目标的确定

通过对原始勘探样品数据的统计分析，做出样品品位频率的分布

图（图5-2），从图中可以看出，该矿的矿石品位集中分布在20% ~40%之间，由于矿山现行的30%的工业品位指标偏高（因已开采利用表外矿多年），因而初估优化后的品位指标不会高于30%，也不会低于20%（因低于20%品位的矿石量很少）。根据这种情况，将品位指标的优化调整范围限制在20% ~30%区间内。

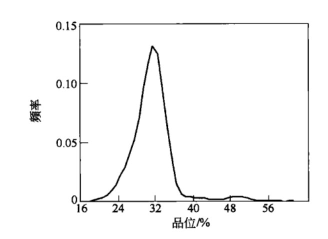


图5-2 样品品位频率分布图

根据该矿多年的生产经验，降低损失率，有提高效益的趋势，但在技术上又难于将损失率降到6.5%以下，因此，将损失率的优化方案限制在6.5% ~9.5%之间。

作为评判入选品位合理性的标准，决策目标不仅应该反映矿山生产的经济效益，而且应该体现矿产资源的总体回收效益。经济效益不仅要考虑静态的利润目标，而且还应考虑动态的净现值目标。因此，本例以总利润、净现值、精矿回收总量作为决策目标。

5.5.3 各方案决策目标值的测算

（1）评价期的确定。评价期的长短取决于矿山潜在的资源状况、决策者对未来生产技术发展和市场走势的预估、国家的矿产资源政策等因素，由于市场的变化是经常性的，而生产应保持一定的稳定性，因此，评价期应以中短期为主。本例确定评价期为2007 ~2014年共8年时间。

（2）各种财务和费用指标的界定。财务和费用指标是计算和影响矿山经济效益的基本参数，其大小取决于矿山所处的经济地理环境、矿山生产的规模和技术水平、管理水平，该矿生产管理较为规范，本例就以其2006年的实际财务和费用数据作为评价期各年的指标。

（3）决策目标值的计算。在确定各项技术指标之间动态联系关系和财务费用指标值的基础上，通过构建综合技术经济分析模型，对该矿评价期内前述各个方案的总利润、净现值、精矿总量进行测算，其结果如表5-2所示（按上述设定本次优化共进行了264个方案的测算，限于篇幅，表5-2仅列出了包含最优方案的部分方案计算结果）。例如当方案指标为边界品位20%、工业品位22%、损失率7.5%、贫化率11.4%时，决策目标值总利润为32329万元，净现值30407万元，精矿总量1444.1万t，而此方案所对应的选厂入选品位应为28.67%。

表5-2　各方案目标值测算及综合评判表

方案	边界品位/%	工业品位/%	损失率/%	贫化率/%	入选品位/%	总利润/万元	净现值/万元	精矿总量/万t	总利润隶属度	净现值隶属度	精矿量隶属度	综合隶属度
1	20	20	0.065	0.12	28.58	34770	32638	1456.16	1.000	1.000	1.000	1.000
2	20	20	0.075	0.11	28.66	32689	30735	1445.59	0.744	0.743	0.732	0.741
3	20	20	0.085	0.11	28.74	30596	28822	1435.02	0.486	0.486	0.463	0.481
4	20	20	0.095	0.10	28.82	28492	26898	1424.43	0.227	0.226	0.195	0.219
5	20	21	0.065	0.12	28.58	34686	32561	1455.78	0.990	0.990	0.990	0.990
6	20	21	0.075	0.11	28.67	32605	30659	1445.21	0.733	0.733	0.722	0.731
7	20	21	0.085	0.11	28.75	30514	28747	1434.64	0.476	0.475	0.454	0.471
8	20	21	0.095	0.10	28.83	28411	26824	1424.06	0.217	0.216	0.185	0.209
9	20	22	0.065	0.12	28.59	34407	32307	1454.62	0.955	0.955	0.961	0.957
10	20	22	0.075	0.11	28.67	32329	30407	1444.07	0.699	0.699	0.693	0.698
11	20	22	0.085	0.11	28.75	30240	28497	1433.51	0.442	0.442	0.425	0.438
12	20	22	0.095	0.10	28.84	28140	26577	1422.95	0.183	0.183	0.157	0.177
13	21	21	0.065	0.12	28.60	34599	32482	1455.24	0.979	0.979	0.977	0.978
14	21	21	0.075	0.11	28.68	32520	30581	1444.68	0.723	0.723	0.709	0.720
15	21	21	0.085	0.11	28.76	30430	28670	1434.12	0.465	0.465	0.441	0.460
16	21	21	0.095	0.10	28.84	28328	26748	1423.55	0.206	0.206	0.172	0.198
17	21	22	0.065	0.12	28.61	34159	32080	1453.46	0.925	0.925	0.931	0.926

续表 5-2

方案	边界品位/%	工业品位/%	损失率/%	贫化率/%	入选品位/%	总利润/万元	净现值/万元	精矿总量/万 t	总利润隶属度	净现值隶属度	精矿量隶属度	综合隶属度
18	21	22	0.075	0.11	28.69	32084	30183	1442.92	0.669	0.669	0.664	0.668
19	21	22	0.085	0.11	28.77	29998	28276	1432.37	0.412	0.412	0.396	0.408
20	21	22	0.095	0.10	28.85	27900	26358	1421.82	0.154	0.153	0.128	0.148
21	22	22	0.065	0.12	28.64	32876	30909	1448.22	0.767	0.767	0.798	0.774
22	22	22	0.075	0.11	28.72	30813	29023	1437.74	0.513	0.513	0.532	0.517
23	22	22	0.085	0.11	28.80	28739	27126	1427.26	0.257	0.257	0.266	0.259
24	22	22	0.095	0.10	28.88	26653	25219	1416.76	0.000	0.000	0.000	0.000

（4）决策目标的综合评判。前述确立的三个决策目标，各自的取值越大，它们对总目标的贡献也越大。因此，可选择式（5-7）来确定每个方案对各个决策目标的隶属程度。

各目标权重采用专家评分法，其结果为 $W_{总利润}=0.29$，$W_{净现值}=0.48$，$W_{精矿总量}=0.23$。

将各个方案下的模糊隶属度按以上权系数进行加权综合，即可得到各个方案的综合隶属度（如表 5-2 最后一列所示）。其中模糊隶属度最大的方案即为最优方案。

5.5.4 优化结论

矿床边界品位、工业品位、采矿损失率、贫化率、选厂入选品位是反映矿山经营状况的重要技术指标，随着矿山生产技术、管理水平、市场条件的变化，对它们进行实时的动态调整应该是一项经常性的工作，通过这种研究，得出了适宜于该铁矿评价期内生产经营环境的合理技术指标如表 5-3 所示。

表 5-3 原设计方案与优化方案对比表

方 案	边界品位/%	工业品位/%	损失率/%	贫化率/%	入选品位/%	总利润/万元	净现值/万元	精矿总量/万 t
优化方案	20	20	0.065	0.12	28.58	34770	32638	1456.16
原设计方案	20	30	0.095	0.10	28.74	19024	18260	1387.05

由表中可以看出，相对于原指标方案，新指标方案在评价期内可使矿山总利润增加 15746 万元，净现值增加 14378 万元，精矿总量增加 69. 11 万 t。

需要说明的是，新方案相对于原方案，其经济效益是相当可观的，以下的分析可以说明这种增加是可能的：

(1) 适当降低品位指标，提高贫化率，降低损失率，使出矿品位略有降低，出矿量增加较多。

(2) 总的采剥费用不变（由于运矿距小于运岩距，总采矿费甚至有可能减少）；选矿费用中只增加变动费用；另外，多回收的表外矿可以不交资源税，所以总成本费用增加不大。

由于磁滑轮的使用，降低了的出矿品位得以恢复，因此入选品位没有大幅度的降低，而精矿量的增幅较大。

5. 6 矿山技术指标优化软件的实现

矿山技术指标优化不是一劳永逸之事，应随着技术的提高和市场条件的变动，对其进行实时动态的调整。优化的工作量很大，必须借助电脑才能完成。为此，采用面向对象程序设计语言，应开发相应的软件系统。

5. 6. 1 优化系统的综合要求

系统优化是一个动态的过程，当外部条件和内部条件，如铁精矿价格、原料价格、选矿技术等发生改变时，要求能够及时做出优化决策。故要求系统提供以下功能：

(1) 数据更新的功能：能够及时更新地质、采矿、选矿、财务等数据。

(2) 动态建立模型的功能：根据生产情况的变化，用户可以使用新的数据，建立新的数学模型。

(3) 方案存储功能：可以将优化过的方案，以方案号的形式保存下来。每个方案优化时，产生的各种可行方案，可以保存在数据库中。

5.6.2 系统组织结构

矿石品位指标制订的实施主体应是矿山的技术主管部门，它在矿山系统内部各职能部门的配合下实施整个过程。采矿部门（生产部）提供有关矿体开采境界内的全部勘探数据和历年的采矿损失贫化数据；提供有关采矿生产的近期或中期计划；选矿厂负责提供有关选矿生产的日报、月报、年报数据；财务部门负责提供有关整个矿山系统全部工作期的实际（或预期）财务数据，包括各个生产和管理环节所发生的费用、税赋，以及所生产产品的价格数据等。由此，即可构造出与制定矿山决策系统相关的各个职能部门的组织结构图，如图5-3所示。

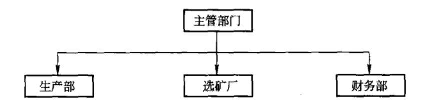


图5-3 与矿石品位指标相关的组织结构图

5.6.3 系统数据流程分析

5.6.3.1 顶层数据分析

A 生产部

生产部的职能主要是：（1）对原始地质勘探资料（包括图纸、勘探工程数据以及样品化验数据）进行管理，对现有开采地段和预期生产地段进行生产勘探和工程测量，从而指导采矿生产，并对采矿的生产活动实施质量监督。在此职能阶段，原始地质勘探的各种台账、图纸、生产勘探过程中所产生的各种勘探工程数据，以及实施质量监督过程中所收集到的矿量管理数据、损失贫化数据都将进入矿石品位指标的优化系统。（2）根据计划管理部门所下达的月份、季度、年度采剥计划组织生产，在生产过程中，根据实际生产条件与计划管理部门、质量监督部门进行反复的信息交流，其核心任务就是保证计划采矿量的完成和损失率、贫化率、采出品位等质量控制指标的实

现。在此职能阶段，进入矿石品位指标优化系统的数据将主要包括年度采剥计划、矿量以及损失贫化的计划和实际数据、采出品位的计划和实际数据。

有的单位将生产部分为地质部门和采矿部门。

B　选矿厂

选矿厂的主要任务就是对采出的矿石进行加工和处理，在保证质量的前提下，完成铁精矿产品的生产计划；另外在必要时，根据采场输出矿石质量的变化情况，进行矿石的选别试验。在此期间，大量的选矿生产日报、月报、年报数据以及选别试验数据都将进入矿石品位指标的优化系统。

C　财务部门

矿山生产和管理的每个环节的活动，都将伴随着相应的生产和管理费用的发生；企业的经营效益，将通过最终产品的销售得以实现；而矿山对国家的贡献，也是通过相应的税费体现出来的。虽然这些指标的下达和考核源于不同的职能部门，但是它们都会在矿山及选厂财务部门的各种报表上反映出来，也就是说，考察矿石品位指标是否合理的各项评价指标（目标）的计算，其基础数据都将来源于财务部门的各种报表。

基于对以上与确定矿石品位指标相关的各个职能部门的分析，即可得到确定合理矿石品位指标的顶层数据流程图，如图 5-4 所示。

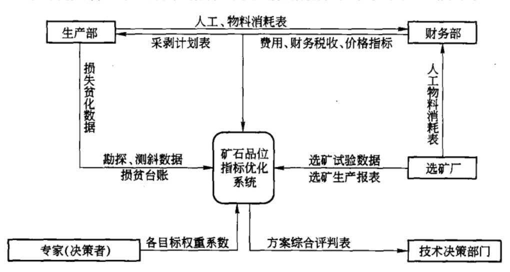


图 5-4　顶层数据流程图

5.6.3.2 数据流程分解

顶层数据流程只是对与确定矿石品位指标有关的信息和数据的粗略的描述，为了更好地构筑系统的逻辑模型，需要以顶层数据流程图为基础，将顶层数据流程进行进一步的分解，详细描述数据在各个职能部门之间，以及各个职能部门与矿石品位指标优化系统之间的流动情况，从而形成数据的次一层流程图。

矿石品位指标的优化系统其实质就是一个数据的收集和处理系统，其基本功能无非就是将各种类型的输入数据转变成需要的输出数据，输出数据的特点决定了输入数据的类型和属性，以及各个中间环节的数据变换和算法。因此，采用数据的由输出向输入追踪的回溯法，即能逐个地构造出系统的逻辑功能。

决定矿石品位指标是否合理的主要因素是特定技术指标方案所对应的总利润、铁精矿产量等决策目标值的大小以及它们的综合优劣程度，因此，总利润和铁精矿产量的汇总、各目标权重系数以及综合隶属度就构成了主要的数据转换和处理工作，图 5-5 即是对该数据流程的进一步描述。

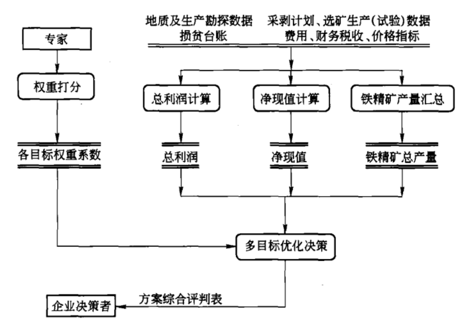


图 5-5 数据分解流程图

在图 5-5 数据分解流程图的基础上，采用由结果（输出）到原始数据（输入）的回溯分析法，对铁精矿总产量、总利润净现值的汇总诸业务进行跟踪分析，即可形成数据的进一步分解流程图，如图 5-6 ~ 图 5-9 所示。

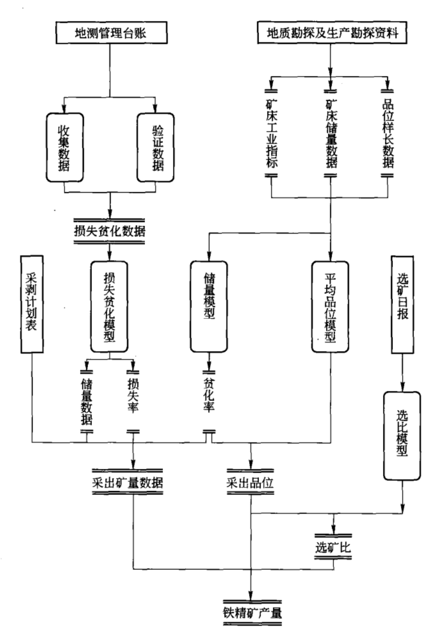


图 5-6　铁精矿产量汇总数据流程图

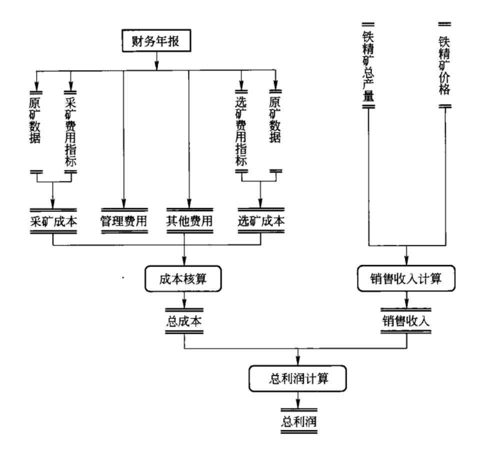


图5-7 总利润计算数据流程图

需要说明的是，专家打分可由手工进行，此处未做数据分解。

5.6.4 系统设计

经过对决策支持系统的数据需求分析，已经构造了系统的数据流程图，基本上明晰了系统“做什么”的问题，以此为基础，系统的总体设计将从结构设计着手，解决“怎么做”的问题。

通过需求分析，可以看到矿石品位指标优化过程最突出的特点就是通过对原始数据的系统搜集、整理，建立起能够反映从矿山原始生产数据到最终生产目标之间动态变换的关系模型，其实质就是基于生产数据的建模以及在该模型上的参数动态估值（优化）。因此，矿石品位指标优化系统的设计，将以各种动态模型的构造为核心，以综合

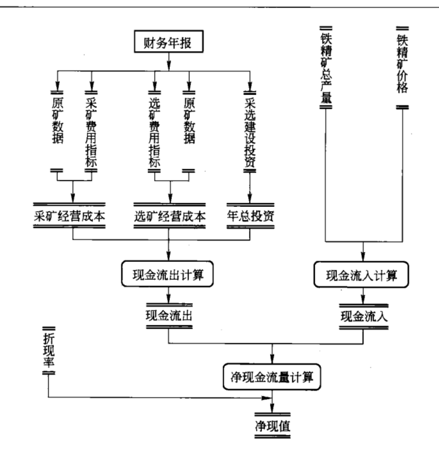


图 5-8　净现值计算数据流程图

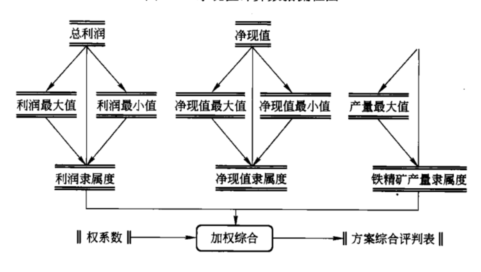


图 5-9　多目标综合评判数据流程图

技术经济分析模型（多目标优化决策模型）的构造为最终目标。显然，这里需要对原始数据流程图进行抽象处理，即从中把各种动态模型的构造过程抽象出来，单独组成系统的自动化边界，由它们共同构成综合技术经济分析模型的下级模块。这样，对矿石品位指标的优化系统，即可进行如下的边界划分：

（1）数据库设计。

（2）输入模块。

（3）多目标优化决策系统，包括：

1）储量和平均品位建模子系统；

2）损失贫化建模子系统；

3）选矿建模子系统；

4）综合技术经济分析子系统。

（4）输出模块。

5.6.4.1 数据库设计

优化决策中一些数据如钻孔勘探数据、损失率、贫化率数据、矿体工业技术指标等可以存放在数据库的表中，也可以存放在文本文件中。对方案列表一般是存放在数据库表中。使用的数据库可以是 Access，也可以其他数据库，如 SQL Server。表 5-4 是北京科技大学在某矿山技术指标优化中使用 Access 建立的数据表“方案列表”。该表用于记录不同品位指标下，一些主要技术经济指标用于存放各种可行的方案。

表 5-4 “方案列表”中表结构

字段名	含义	类型
方案号	方案的编号	文本
混边界品位	混合矿的边界品位	数字
混工业品位	混合矿的工业品位	数字
氧边界品位	氧化矿的边界品位	数字
氧工业品位	氧化矿的工业品位	数字
混合矿精矿量		数字
混合矿精矿品位		数字
混合矿选比		数字

续表 5-4

字 段 名	含 义	类 型
氧化矿精矿量		数 字
氧化矿精选比		数 字
氧化矿精矿品位		数 字
总利润		数 字
NPV	净现值	数 字
精矿量	精矿总量	数 字
隶属度	综合隶属度	数 字

设计数据库表时要尽量使数据表达到 3NF（第三范式），具体参照数据库相关书籍。

5.6.4.2　系统功能模块设计

系统分为“储量模型”、“采矿模型”、“选矿模型”、“整体优化”四个模块。图 5-10 是系统功能模块图。

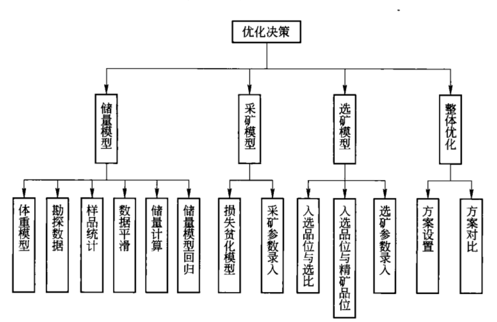


图 5-10　系统功能模块图

A　储量建模

储量建模模块包括储量模型和地质平均品位模型的建立。矿体的

储量一般因矿床工业指标的不同而不同，工业指标越高，则矿体的储量就越小，相应的地质平均品位就越高；反之，则储量越大，平均品位越小。储量建模模块的目的就是构造这种动态的变化模型。其功能模块的划分如图 5-11 所示。

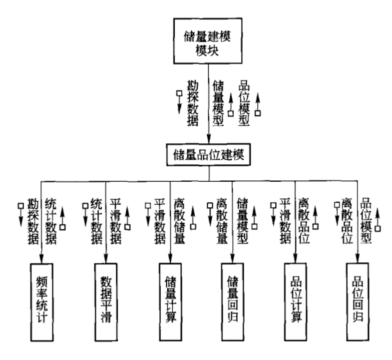


图 5-11 储量品位建模模块分解图

B 损失贫化建模模块

可开采矿量（地质储量）转化为现实的采出矿石，由于受矿体地质复杂程度的影响，以及开采技术条件的限制，其数量和质量总是会发生相应的变化，这具体地表现为开采过程中由于开采损失和围岩混入而引起的矿石数量的增减，以及由此而引起的矿石平均品位的变化。一般而言，只要是管理规范、生产情况稳定，采矿的损失率和贫化率之间总会存在着一定的相关关系，矿石品位指标优化系统中损失率、贫化率建模模块的设置即是基于这一出发点。

具体的建模方法为基于矿山生产的历史数据或采矿方法试验数据，进行贫化率和损失率之间直线型、指数型、对数型、反对数型等 17 种类型数学模型的相关检验，最后根据一定的标准和原则，从中

选取一种能够较好地反映贫化率和损失率之间相关关系的动态模型，以便系统能够进行从原始储量到采出矿量的转换。图 5-12 是对损失贫化建模块的描述。

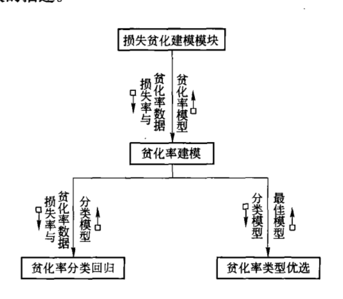


图 5-12　损失贫化建模模块分解图

C　选矿建模模块

选矿建模模块的设置基于矿石从采出原矿转变为精矿产品的矿石加工工艺流程。矿石的加工工艺流程分为采出矿石（入选矿石）的破碎、磨矿、选别工序，每经过一个工序阶段，矿石的质量都经历了由“粗”变“精”、数量由大变小的过程，这种变化完全可以通过一定的数学方法加以动态的、系统化的描述。具体而言，选矿建模模块主要是基于选矿比及精矿品位随原始供矿品位变化而变化的基本原理，通过回归分析等数学分析方法，建立选矿比和精矿品位与供矿品位之间的动态关系模型，如图 5-13 所示。

D　综合评判模块

综合评判模块的作用就是在构建上述各种动态关系模型的基础上，建造综合技术经济分析模型，通过综合技术经济分析模型，进行矿山各经营目标值的计算，最后通过多方案的模糊综合评判，优化矿石品位指标。

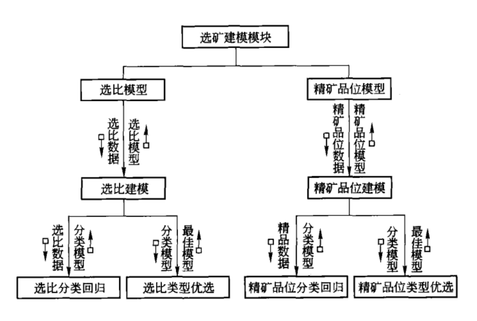


图 5-13 选矿建模模块分解图

5.6.5 系统功能的实现

根据上面的设计，可采用任何一种面向对象程序设计语言，如 Visual Basic、Delphi 等完成上述各功能。在实现过程中，为了便于编制综合技术经济模型，也可以采用 Excel 的 VBA 实现。

6 矿产经济研究中选矿数模的建立

6.1 建模前的选矿试验

6.1.1 某些矿产经济研究中选矿试验的必要性

矿产经济研究虽属软科学研究领域，但有时也必须与硬科学的某些研究相结合，才能取得更可靠的结论。特别是有关选矿试验方面的研究，有时还是矿产经济研究中必不可少的，例如矿床经济评价、矿山经营参数优化、新型矿产资源经济评价以及矿产资源综合利用经济分析等研究中均如此。

在矿床的地质勘查阶段进行矿床经济评价时，既无本矿床的选矿生产统计资料可供利用，而且也不能借用已投产矿山的资料；因为即使是同类型的矿床，其选矿指标也可相差悬殊。此时，针对被评价矿床的选矿试验就成为必不可少的工作。

在矿山经营参数中的品位指标的优化研究中，虽然多数是针对已投产的矿山，有可供利用的选矿生产统计数据，但是如果预计优化的结果有可能降低品位指标，则对于品位低于原品位指标的表外矿或超贫矿，也必须进行选矿试验，才能正确评价这些矿石是否可能改划归表内矿，如可划为表内矿，则其合理的品位指标又该取何值。

至于在新型矿产资源的经济评价以及矿产资源综合利用经济分析等研究中，不言而喻，就更加需要进行选矿试验了。

6.1.2 矿产经济研究中对选矿试验采样的要求

要搞好选矿试验，采样是基础。为此，采样前必须先搞好采样设计。在采样设计中，除了要充分考虑样品的代表性外，对于此类试验还要考虑以下要求：

（1）采样时对矿石类型的划分应细些，试验后再适当并类。采样前应对全矿床各地段的矿石进行工艺矿物的研究，以便根据矿石的

选矿工艺特点进行矿石类型的划分，而后再按类分别取样。开始时类型的划分可细些，以后再根据试验结果，将选矿性能相似的类型加以合并。

（2）对每类矿石应按高低品位段分别采样。过去，我国在矿床地质勘查阶段，虽然不进行矿床经济评价，也还进行选矿试验，但是这种试验往往采取的是“平均样”，即按既定品位指标下计算的平均品位所采取的样品。实际上这是本末倒置的做法，因为按理应首先确定品位高低不同矿石的选矿指标，才能进一步合理确定品位指标；这种做法的更大缺点是由试验结果建立不了能反映矿石品位变化对选矿指标影响的数学模型。因而无法较准确地确定最佳品位指标，相应地也不能对矿床做出正确的经济评价。所以，我们认为应彻底改变过去传统的选矿试验及其采样方法，改为按高低品位段分别采样和试验，这是因为原矿品位高低对选矿指标有明显的影响。

（3）应该采取一定量的近矿围岩及夹石样品。众所周知，在矿床开采过程中不可避免地会有贫化现象，所以也应采取近矿围岩和夹石配入矿石进行试验。这里所谓的近矿围岩是指开采中有可能混入矿石的围岩，它距矿体的远近与采矿方法及围岩稳固性等因素有关，具体矿床要分别确定。有时矿体的近矿围岩或夹石不止一种，也必须分别采样。

6.1.3 矿产经济研究中选矿试验样品的配制

较细致的选矿试验，一方面应按每类矿石每个品位段样品进行试验，以分别确定其性能；另一方面还要进行混合样的试验，后者就必须进行样品的配制。根据我们的经验，配制的办法最好按从高品位样品逐段配入低品位段样品的步骤进行。例如，某铁矿床大部分矿石的品位在30%以上，则可在品位高于30%混合样的基础上，配入27%上下的样品作为一个试样；在该样的基础上，再配入24%上下的样品作为另一个试样，如此类推直到最低品位段的样品配入为止。在这种配样中，各品位段样品的配入比例应由矿床品位频率分布函数来确定。当存在不止一种矿石类型时，每类矿石都要先求出其品位分布频率函数，再分别求出其各品位段所占比例。

6.1.4 矿产经济研究中对选矿试验的要求

这种试验在矿床地质勘查阶段与矿床开发阶段应有所不同。

在矿床地质勘查阶段，由于选矿的工艺流程尚未确定，属于探索性很强的试验，所以不仅要进行不同选别工艺的试验，还要进行不同磨矿细度的试验。当然，如果要对上述的每个样品都进行这些试验，则试验的工作量将太大，因此可挑选部分代表性广泛的样品进行较全面的探索性试验，当基本确定选矿流程后，再按此流程确定其他样品的主要选矿指标。

在矿床开发过程的矿山经营参数优化研究中，如果只是为了优化品位指标，则应尽可能按现有的生产流程进行试验；如果是为了优化选矿指标（如精矿品位或回收率）或进行综合利用的经济分析，则还必须进行一些更细致的试验。

至于试验的规模，当然最好能进行半工业性的试验，但是限于条件，目前一般还只能进行实验室的试验。

6.2 选矿数模的建立

6.2.1 建立选矿数模的必要性

选矿技术参数是矿产经济分析中重要而敏感的因素，其中以选比和精矿品位两个参数更为关键。选比的大小影响到选矿成本，而精矿品位不仅关系到金属量的回收，还直接影响精矿的售价。

由于各个矿山的矿石性质各异，其选别方法与工艺流程也各不相同，所以入选原矿品位的高低对精矿品位、选比等主要技术指标会产生不同的影响，而这些参数又相互影响，处于动态平衡之中，建立数学模型就是要正确表达出它们之间的内在联系。

根据我们的试验对比，应用数模和不应用数模进行品位指标优化的经济分析，其结果大不一样。在不用数模进行经济分析的情况下，有时甚至可得出荒谬的结论，例如某些铁矿床的工业品位可降至百分之几，这样不仅实现不了优化，相反地，是劣化了品位指标。因此，建立选矿数模以进行经济分析是非常必要的。

6.2.2 建模前选矿生产数据的收集和处理

对生产矿山开展的矿产经济研究，应该充分利用已有的选矿生产统计数据进行建模。因此，在建模前应系统地收集生产统计数据。

（1）收集资料的对象——统计报表类型的选择。矿山选矿生产统计报表有日报表、旬报表、月报表，以及年报表等。究竟应以哪一类报表作为收集资料的主要对象，这是收集资料中首先要解决的问题。根据我们的探索对比，期限长的报表是在期限短的报表基础上编制的，虽然通过大量数据的均化，可消除个别异常数据（如生产管理失常导致个别应该浮选的矿石进入磁选系列等）的干扰，但是期限长的报表其各项变量（如入选品位、选比及精矿品位等），往往都在很狭小的数据范围内波动，显然这种数据不利于数模的建立；而期限短的报表则与其相反，并且期限越短的报表，则越可能有数据组间数据错位问题。例如，日报表中大夜班最后一批入选矿石的入选品位可能填入了当天的报表，而由其选出的精矿的品位却可能填入第二天的报表。期限长的报表此种错位的影响则较小。根据我们对许多矿山不同期限选矿生产报表数据回归分析数学检验的对比，发现在没有异常数据干扰的条件下，还是用日报表数据回归分析的拟合效果最好。因此，当不存在异常数据或有把握剔除异常数据条件下，应是以日报表作为收集资料的对象为好，否则也可以旬报表作为对象。

（2）收集资料的内容。应包括入选矿石量、入选原矿品位、选矿比（或精矿产率）、精矿品位、回收率、尾矿品位以及磨矿细度、磨机台时处理量等技术指标。还要收集选厂的直接生产费用（包括材料、动力、工资及福利等）、制造费用、企业管理费、财务费、折旧费等各项经济指标。

（3）数据处理。在实际生产中，由于选矿工艺流程和工艺条件已定，如入选矿石性质稳定，生产正常时选矿指标应是稳定的。当精矿品位保持在一定范围内变化时，其精矿产率（或选比）、回收率将随入选原矿品位的变化而作有规律的变化。但事实上由于技术管理不善，会引起对某些操作条件的短时失控、对某些参数检测不准、或者由于不同类型原矿石相互混杂污染，而造成选矿精矿产率和回收率等

指标的明显失常，以致超出正常范围，这时的生产报表中就将出现异常数据。

在收集到必要的数据后，首先要利用选矿技术知识对其进行分析判断，查出异常数据（如磁铁矿石选矿，一般原矿品位在30% ±2%时，其选比值应在2.5～2.8之间波动，但发现有选比大于4.0，甚至6.0以上者，应属异常），并分析引起异常的原因，以决定是否将其剔除。

为使数据处理更科学化，依据1985年10月1日批准实施的《中华人民共和国国家标准：数据的统计处理和解释——正态样本异常值的发现和处理》（GB 4883—1985）所提供的理论和方法，要先对原始数据进行一次回归分析，得出回归方程和标准差S值，然后用$3S$或$2S$值（其相应的置信度为99%、95.4%）在原拟合方程曲线的两侧按所选用的置信度和相应的标准差作平行线，对原始数据进行检测。在双侧平行线外都可能发现异常数据。将异常数据剔除后，对区间内的合格数据重新进行回归分析，就可获得一个新的拟合方程。如该方程仍未满足要求，还可以采用上述方法再找出和剔除一部分异常数据，余下的合格数据再进行回归分析，拟合出另一个方程。为了清楚地说明问题，现举一个实例如下：

某选厂的一个系列处理磁铁矿石，某年该系列年平均入选原矿品位33.67%，实际选比2.79，但由于前已述及的种种原因，在生产日报表中出现当入选原品位在32%～33%以上时，而选比有低于2.40或高于4.0以上的一部分异常数据。采用数理统计方法对数据处理，对入选原矿品位和相应选比共188组原始数据进行回归分析，得第一个方程：

$$y_1 = 8.97337 - 0.17648x \tag{6-1}$$

$$r = -0.464;\quad r5\%(186) = 0.143;\quad s_1 = 0.479$$

式中 y_1——选比；

x——入选原矿品位；

r——相关系数；

s_1——标准差。

如以实际入选原矿平均品位33.67%代入式（6-1），得选比 $y_1 = 3.031$，它远远高于实际选比2.79。这说明该方程不符合实际，需进一步对原始数据进行检验和处理。以 $2s_1$ 值设置信度区间作平行线检验原始数据，结果发现并剔除了9个异常数据，余179组数据重新回归，得第二个方程：

$$y_2 = 8.73818 - 0.17150x \tag{6-2}$$

$$r = -0.551;\quad r5\%(177) = 0.146;\quad s_2 = 0.366$$

式中 y_2——剔除异常数据后新回归方程的选比；

s_2——剔除异常数据后最新回归分析的标准差；

其他符号同前式。

以原矿品位33.67%代入式（6-2），得选比 $y_2 = 2.964$，仍然高于实际值。再重复以上过程两遍，终于得到回归方程（6-3）：

$$y = 8.03027 - 0.15229x \tag{6-3}$$

$$r = -0.598;\quad r5\%(161) = 0.154;\quad s = 0.281$$

式中 y——最后回归方程的选比；

s——最后一次回归分析的标准差；

其他符号意义同上。

以原矿品位33.67%代入式（6-3），得选比 $y = 2.903$，极接近于实际选比，只比实际选比高约0.11。综合经济分析中就采用式(6-3)以反映入选品位与选比之间的关系。经以上处理后，总的置信度为87%。

综上所述，我们认为原始数据处理应该采用数学方法与专业分析相结合的办法以剔除异常数据。在采用数学方法剔除时，如一次剔除尚不能满足专业要求，则还可以进行第二次、第三次的剔除，但最好每次剔除的数据不要太多，以逐步逼近专业要求为好。所谓专业分析，一方面是应用选矿专业知识来分析可能存在的异常数据的比例；另一方面是将生产统计的平均值（方程中的自变量）代入回归方程，以检验利用该方程所计算出来的因变量是否与生产统计的平均值符合。

6.2.3　建模的内容及方法

6.2.3.1　建模的内容

不同研究课题有不同的建模内容。对于品位指标优化的研究课题，主要建立以入选品位为自变量求选矿比（或产率）的数模和以入选品位为自变量求精矿品位的数模。对于出矿截止品位优化的研究课题，同样也要建立这两种数模。对精矿品位优化的课题，主要建立以磨矿细度及主要选别条件（如磁选的磁场强度或浮选的药剂浓度等）为自变量求精矿品位的数模和以磨矿细度为自变量求磨机台时处理量等数模。对于进行综合利用经济分析的课题，主要建立以原矿中伴生组分品位为自变量求其回收率等数模；如果是进行矿山技术指标整体优化的研究，则几乎要建立上述的全部数模，但是有些数模要合并成为多自变量数模。总之，要建立哪些数模须根据具体情况而定。

6.2.3.2　建模方法

主要采用数理统计中的回归分析方法，建立所需要数学模型。我们现在已经编成的专用软件，可以做到一次数据输入，同时可得出好几种常见的回归方程及其数学检验（如 F 检验及相关检验等）结果，而且可自动推荐出拟合最好的数模。

根据我们多年的探索，不同矿山同类的数模其函数类型可不一样；即使其函数类型一样，其中常数项和系数也不一样。例如，以入选品位为自变量求选比的这类数模，在我们所研究的多个矿山中，有的是线性函数，有的指数函数、对数函数、四次方非线性函数和反比函数，回归方程中常数项及自变量前的系数也各不一样，即使是同类型矿床，相差也可较悬殊。又如，以入选品位求精矿品位的数模，大部分矿山为线性函数，也有部分矿山为指数函数；还有些矿山由于近年来采取了严格控制精矿品位的措施，不论入选品位如何，精矿品位都较稳定，此时就建立不了它们之间的相关数模，只好对精矿品位取平均值参加经济分析。

6.2.4　有关选矿数模的应用问题

对于矿床地质勘查阶段的矿产经济分析研究来说，只能有一套选

矿数模，即根据试验室试验数据建立的数模；但是，对于生产矿山的矿产经济分析研究来说，多数情况可有两套选矿数模，一套是根据选矿生产统计数据建立的，另一套是利用选矿试验数据建立的。在此情况下，在矿产经济分析中究竟应该如何处理，这是值得研究的问题。根据我们的探索，可采用下列三种处理办法：

（1）当选矿试验数模与生产统计数据数模比较相近时，我们采用单一式。例如，歪头山铁矿，根据实验数据与生产统计数据回归分析所获得的两个选比模型和两个精矿品位模型较接近，为使经济分析留有余地，我们采取偏保守的原则，采用了选比偏高一点的生产统计数模。又如齐大山铁矿氧化矿及半氧矿的两个选比的数模为：

1）根据生产统计数据建立的数模：

$$I_1 = 6.48349 - 0.1264 \times C \qquad (R = -0.62)$$

式中 I_1——生产选比；

C——入选原矿品位；

R——相关系数。

2）根据实验数据建立的数模：

$$I_2 = 6.589 - 0.1299 \times c \qquad (r = -0.896)$$

式中 I_2——试验选比；

其他符号意义同前式。

将假定的入选原矿品位分别代入上述两个方程，所得选比数值列于表 6-1。

表 6-1 齐大山铁矿选比数模计算值

假定的原矿品位/%	选比 I_1（生产数模）	选比 I_2（试验数模）
20.00	6.59	6.48
20.50	3.99	3.95
21.00	3.93	3.89
21.50	3.86	3.83
22.00	3.80	3.77
22.50	3.73	3.70
23.00	3.67	3.64

续表 6-1

假定的原矿品位/%	选比 I_1（生产数模）	选比 I_2（试验数模）
23.50	3.54	3.51
24.00	3.47	3.45
24.50	3.41	3.39
25.00	3.34	3.32
25.50	3.28	3.26
26.00	3.21	3.20
26.50	3.15	3.13
27.00	3.08	3.07
27.50	3.02	3.01
28.00	2.95	2.94
28.50	2.89	2.88

由表 6-1 可看出同一入选品位采用两个数模计算的选比数值是不同的，但很接近，这说明选矿试验数模可以验证生产统计数模，生产统计数模可以外延至低品位段使用。应用时，我们选取了选比偏高一点的生产数模参加经济分析。

（2）当选矿试验数模与生产数模差别较大时，我们的处理办法是采用分段单一式计算。例如，眼前山铁矿磁铁矿石的表外矿的选矿试验的选比数模及精矿品位数模与表内矿的生产数模差别都很大，用表外矿的同样品位代入两者的数模，则试验数模所得选比大大高于生产数模选比，而精矿品位的计算值则相反。说明生产数模不能外延用于表外矿。在此情况下，经济分析中，我们对表外矿采用试验数模进行计算，对表内矿则采用生产数模进行计算，后再加权平均求出混合精矿量、混合精矿品位，再参加优化的综合经济分析。实践表明，这样处理是可行的，优化结果符合矿山的实际。

7 矿石综合利用的经济分析

近年来，随着选冶技术的提高和某些矿物原料用途的扩大，进而发现所有的矿床几乎都有综合利用的可能，甚至像鞍山式铁矿这样的矿床。世界上有少数技术先进的矿山可以实现无废生产，也就是把所有的组分都利用起来了。如废石作为碎石用于铺路或作混凝土骨料，尾矿用于烧制陶瓷或制砖，炉渣用于作水泥原料等。当然，更多的矿山还是利用矿石中的伴生有用组分。

合理地开展矿石的综合利用，不仅可充分回收矿产资源，而且还可以提高矿床的经济价值，使得一矿变多矿，甚至死矿变活矿。尤其是我国的许多矿床，多种有用组分伴生的现象十分普遍（如攀枝花铁矿、金川镍矿、白云鄂博铁矿等伴生有益组分都在十几种以上），如不加以综合利用有时会污染环境成为公害（如钛、氟等）；如加以利用，则可能变害为宝。

对于废石或尾矿的综合利用，主要根据工艺上能否利用进行地质评价，经济评价上比较简单，可单独分析。但是对于伴生有用组分的综合利用的评价则比较复杂，因为要把这些组分提取出来必须进行较复杂的选、冶加工，这里就出现了经济上是否合理的问题，所以这种综合利用就成为矿产经济研究课题之一。

7.1 可供综合利用有用组分的确定

一个矿床中可以有多种伴生有用组分，但并非每种组分都可利用。因而究竟哪些组分值得利用，哪些组分不值得利用，就成为综合利用首先要解决的问题。

这个问题的解决首先要靠地质研究，先弄清有用组分的赋存状态及矿石的结构构造等，再进行选、冶试验，最后进行地质评价，看它有无可能回收。在此基础上，还要进行经济评价，也就是从经济上分析是否值得回收以及回收后有多大经济效益。某种伴生组分是否值得

回收，看似简单，实际分析起来复杂，关键在于有些共用费用难以分摊，如磨矿费用。对此问题提出了许多计算方法，但还存在不少争论，这里介绍几种主要的方法。

7.1.1　按产值比例分摊费用确定法

这是前苏联学者 B · H · 维诺格拉多夫提出的方法，可用下面实例说明：某一多金属矿含有三种有用组分 Zn、Cu、S（黄铁矿），其回收流程如图 7-1 所示。

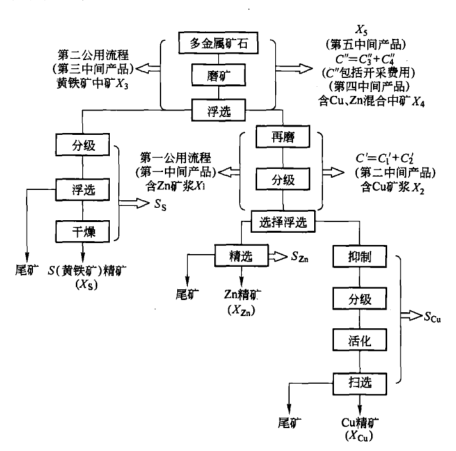


图 7-1　某多金属回收流程及费用分摊

图中符号：

X_S、X_{Zn}、X_{Cu}分别为硫精矿、锌精矿、铜精矿的工业价值，可通过产量乘以出厂单价求得。

S_S、S_{Zn}、S_{Cu}分别为硫精矿、锌精矿、铜精矿的选矿专用费用。

X_1，…，X_5 分别为第 1 ~5 中间产品的工业价值。

C'、C''分别为第一、第二流程的公用费用（一、二排序不是按选矿流程顺序，而是按计算顺序，C''中包括开采费用）。

C'_1、C'_2分别为第 1、2 中间产品应分摊的第一流程公用费用。

C''_3、C''_4分别为第 3、4 中间产品应分摊的第二流程的公用费用。

按图 7-1 对内部费用可作如下分析和分摊：

因为 $$X_{Zn} = X_1 + S_{Zn}$$

所以 $$X_1 = X_{Zn} - S_{Zn} \tag{7-1}$$

同理 $$X_2 = X_{Cu} - S_{Cu} \tag{7-2}$$

$$X_3 = X_S - S_S \tag{7-3}$$

因为 $$X_1 + X_2 = X_4 + C'$$

所以 $$X_4 = X_1 + X_2 - C' = X_{Zn} + X_{Cu} - S_{Zn} - S_{Cu} - C' \tag{7-4}$$

同理 $$X_5 = X_3 + X_4 - C''$$

即 $$X_5 = X_S + X_{Zn} + X_{Cu} - S_S - S_{Zn} - S_{Cu} - C' - C'' \tag{7-5}$$

以上 X_1、X_2、X_3、X_4、X_5 的数据可根据产量、产品单价及成本核算而求得。

在求出这些数据后，就可以分别计算各产品应分摊的公用费用了。

显然，第一公用流程的费用 C'应分摊给锌精矿及铜精矿，但锌精矿及铜精矿与第一公用流程不是直接的关系，它们是通过第一、二中间产品与 C'发生联系，故应先按第一、二中间产品的价值的比例来分摊，即：

$$C'_1 = \frac{X_1}{X_1 + X_2} \times C' \tag{7-6}$$

$$C'_2 = \frac{X_2}{X_1 + X_2} \times C' \tag{7-7}$$

同理 $$C''_3 = \frac{X_3}{X_3 + X_4} \times C'' \tag{7-8}$$

如上可见，这种方法是以产品的价值大小作为分摊公用费用为依据的。

又由于各产品选矿全部费用等于其专用费用再加上应分摊的公用费用，所以硫精矿的全部采、选费用 C_S 为：

$$C_S = S_S + \frac{X_3}{X_3 + X_4} \times C'' \quad (7\text{-}9)$$

以下再考虑锌精矿和铜精矿所应分摊的第二公用流程的费用，因锌精矿及铜精矿与第二公用流程不是直接的关系，它们是通过第一、二中间产品，再通过第四中间产品与第二公用流程费用 C''发生联系，所以须先求该流程费用分摊到第四中间产品的份额 C''_4，与式（7-8）同理：

$$C'_4 = \frac{X_4}{X_3 + X_4} \times C'' \quad (7\text{-}10)$$

这个份额还要由第一、二中间产品两家分摊，故：

$$C''_1 = \frac{X_1}{X_1 + X_2} \times C''_4 = \frac{X_1 \times X_4}{(X_1 + X_2) \times (X_3 + X_4)} \times C'' \quad (7\text{-}11)$$

$$C''_2 = \frac{X_2}{X_1 + X_2} \times C''_4 = \frac{X_2 \times X_4}{(X_1 + X_2) \times (X_3 + X_4)} \times C'' \quad (7\text{-}12)$$

式中　C''_1，C''_2——第一、二中间产品所应分摊的第二公用流程的费用；

其余符号同前。

与式（7-9）同理，锌精矿的全部采、选费用 C_{Zn}为：

$$C_{Zn} = S_{Zn} + C'_1 + C''_1 \quad (7\text{-}13)$$

同理，铜精矿的全部采、选费用为：

$$C_{Cu} = S_{Cu} + C'_2 + C''_2 \quad (7\text{-}14)$$

将式(7-6)、式(7-11)和式(7-7)、式(7-12)分别代入式(7-13)和式(7-14)，得：

$$C_{Zn} = S_{Zn} + \frac{X_1}{X_1 + X_2} \times \left(C' + \frac{X_4}{X_3 + X_4} \times C''\right) \quad (7\text{-}15)$$

$$C_{Cu} = S_{Cu} + \frac{X_2}{X_1 + X_2} \times \left(C' + \frac{X_4}{X_3 + X_4} \times C'' \right) \tag{7-16}$$

求出 C_S、C_{Zn}、C_{Cu}后就可分别求各最终产品的期望利润。

硫精矿的期望利润 E_S 为：

$$E_S = X_S - C_S \tag{7-17}$$

锌精矿的期望利润 E_{Zn}为：

$$E_{Zn} = X_{Zn} - C_{Zn} \tag{7-18}$$

铜精矿的期望利润 E_{Cu}为：

$$E_{Cu} = X_{Cu} - C_{Cu} \tag{7-19}$$

以上期望利润可以按年产量计，也可以按总产量计。

当某种产品期望利润大于等于零时，则可回收，否则不能回收。

此种方法还可在计算出回收某种组分的年利润后，再加以贴现，以计算出其总现值。

提出此种计算方法的人还认为：当某产品的价值在全部产品价值中所占比例不大于 10% 时，也可以不计算前面流程的共用费用，这样也无损于计算的精度。

由上所述可见，在计算中间产品价 $X_1 \sim X_5$ 时，采用的是后续费用的扣除法，求得这一价值的目的主要是为了分摊生产费用，而不能把它看成是劳动价值，因为后续费用并不是后续生产过程所创造价值的全部，应还有该过程的正常利润。一个中间产品的真正价值应等于最终产品价值减后续生产费用减正常利润。

上述方法也有一些人反对，认为计算过程既麻烦复杂，又不完全合理，因为有许多共用费用即使不回收伴生组分本来也要付出。例如，上例中如果回收主产品是精铜矿，如果不回收锌及硫，则第一、二公用流程费的费用本来就要付出。所以有人提出另外的计算方法。

7.1.2 双重指标确定法

Φ. D. 拉瑞奇金等于 1977 年提出用以下两个指标确定伴生组分有无利用价值：

$$S_i \leqslant \alpha_i' \cdot \varepsilon_i \cdot \lambda_i \tag{7-20}$$

$$C_T \leqslant \Sigma \alpha_l' \cdot \varepsilon_l \cdot \lambda_l \tag{7-21}$$

式中　S_i——由 1t 毛矿石中提取 i 组分时发生的专用费用；

α_i'——毛矿石中 i 组分的品位；

ε_i——毛矿石中 i 组分的回收率；

λ_i——每吨 i 组分产品的价格；

C_T——综合利用每吨毛矿石的全部费用（包括各种组分专用费用和共用费用）。

只要满足上述条件，则各种组分都可以利用，如只满足一个条件，不能满足第二个条件，则可去掉某个低利润的组分再进行一次计算。亦即去除上述公式（7-20）中右项大于左项大得不太多的组分，而后再计算第二式。

这种方法得到较多人的赞同，因为：

（1）计算简便：因 C_T 是总费用，不用把共用费用分摊到各个组分的计算中去，省去了许多计算中的麻烦。

（2）既保证企业不亏损，又保证了伴生组分尽可能得到利用。因为每种伴生组分只要其产值大于或等于其专用费用就可肯定其利用价值，比前一种计算方法要求低。但是此要求是合理的，因为多数共用费用即便不利用伴生组分本来也是要付出的。

（3）可计算利用每吨毛矿石的总利润。即利用式（7-21），把其右项减去左项即得到总利润。

还有一些学者，如 H. A. 累然柯夫等也提出了相似的观点，但其计算公式稍有不同。

显然，以上两种方法都没有考虑货币的时间价值问题，所以又有第三种方法。

7.1.3　计时评价确定法

此种方法认为某种伴生组分如果值得回收，必须满足下列条件：

$$\Delta P = (\Delta Z - \Delta C) \times F_{RP} - \Delta I_v \geqslant 0 \tag{7-22}$$

式中　ΔP——增加利用某种伴生组分的贴现总利润增量；

ΔZ——相应的年产值增量；

ΔC——相应的年直接生产费用增量；

F_{RP}——现值总和核算系数（定额序列现值因数）；

ΔI_v——相应的基建投资现值增量（与 F_{RP} 贴现到同一基准日）。

这个方法看来比较合理，不仅考虑了时间因素，而且还考虑了投资增量问题，但是实际算起来比较困难，因为在投产前很难确定 ΔC，原因是 ΔC 尽管是直接费用增量（即不包括投资），但其中还包括专用费用增量和共用费用增量，前者容易确定，而后者比较难以确定。

7.2 综合品位换算

7.2.1 综合品位的概念

前面叙述的是主组分矿石中伴生组分利用的问题。矿体当然是用主组分的工业指标圈定的。如何圈定矿体？在只利用单一组分的情况下，我们是通过这种组分的边际品位或工业品位来确定某地段矿石有无利用价值。当矿石中有多种可利用组分的情况下，问题就变得较为复杂了。如果我们单独地利用主要组分或某种伴生组分，有时可能都不够工业品位，似乎都没有利用的价值；但是如果综合利用各种有用组分，则可能整个矿石就变得有利用价值了。那么，这时怎样来圈定矿体的界限呢？一般还可以利用主要组分的工业品位或边际品位来圈定矿体，但是在圈定之前要把伴生组分的品位折合成主要组分的品位，并把主要组分的品位与折算后的伴生组分的品位加在一起，然后再与原来所定的工业品位或边际品位指标进行对比。如果大于原定指标则可以利用，如果小于原定指标则不能利用。这种主要组分品位与折算后伴生组分品位之和就叫做综合品位，可用下式表示：

$$\alpha_{综} = \alpha_{主} + \sum_{i=1}^{n} f_i \times \alpha_i \tag{7-23}$$

式中 $\alpha_{综}$——矿石的综合品位；

$\alpha_{主}$——矿石中的主要组分的品位；

α_i——伴生组分 i 的品位；

f_i——i 组分品位换算成主组分品位的品位换算系数。

利用综合品位圈定矿体有很大的实际意义，因为往往可以把一些按单个组分指标都不够可采品位或边际品位的表外矿石变成表内矿石，这样既可多回收矿产资源，又可多增加矿山利润。这样的实例是很多的，如八家子铅锌矿过去用各组分单一品位圈定矿体，1982 年开始用综合品位圈定矿体，该年在同一生产地段，比较两种圈定方法，用综合品位圈定，可多回收矿石 24275t，占出矿量的 15%，多创造产值 60 万元，扣除成本后盈利 20 万元。八家子铅锌矿只是一个不大的矿山，利用综合品位圈定矿体尚有这样大的经济效益，如果全国有条件的矿山都能如此，其实际意义可想而知。

7.2.2 品位换算系数的确定

由式（7-23）可见，要计算综合品位，关键是要求得品位换算系数 f_i。但对于怎样计算 f_i，目前国内外都还有不同的看法和确定方法，简要介绍如下：

7.2.2.1 价格法

价格法是比较多的人所赞同的一种方法，此法主要用下式求某种伴生组分的品位换算系数 f_i：

$$f_i = \frac{\varepsilon_{pi} \times \lambda_i \times \beta_{主}}{\varepsilon_{p主} \times \lambda_{主} \times \beta_i} \tag{7-24}$$

式中 ε_{pi}——伴生组分 i 的选矿回收率；

$\varepsilon_{p主}$——主要组分的选矿回收率；

λ_i——伴生组分 i 的精矿价格；

$\lambda_{主}$——主要组分的精矿价格；

$\beta_{主}$——主要组分的精矿品位；

β_i——伴生组分 i 的精矿品位。

公式（7-24）可以变为：

$$f_i = \frac{\dfrac{\varepsilon_{pi}}{\beta_i} \times \lambda_i \times 1}{\dfrac{\varepsilon_{p主}}{\beta_{主}} \times \lambda_{主} \times 1}$$

$$= \frac{\text{每吨矿石中 } i \text{ 组分单位品位所得精矿量} \times \lambda_i}{\text{每吨矿石中主组分单位品位所得精矿量} \times \lambda_{主}}$$

$$= \frac{\text{每吨矿石中 } i \text{ 组分单位品位的产值}}{\text{每吨矿石中主组分单位品位的产值}}$$

显然这是产值比，未考虑各自的成本，产值高，利润未必高。

也有人主张应算至冶炼为止，因有的产品主要从冶炼中回收，所以主张用下列公式：

$$f_i = \frac{\varepsilon_i \times \varepsilon_{pi} \times \varepsilon_{si} \times \lambda_i'}{\varepsilon_{主} \times \varepsilon_{p主} \times \varepsilon_{s主} \times \lambda_{主}'} \tag{7-25}$$

式中　ε_i——伴生有用组分 i 的采矿回收率；

$\varepsilon_{主}$——主要有用组分的采矿回收率；

ε_{si}——伴生有用组分的冶炼回收率；

$\varepsilon_{s主}$——主要有用组分的冶炼回收率；

$\lambda_{主}'$——主要有用组分的价格；

λ_i'——某伴生组分的价格；

其他符号意义同前。

这个计算公式较合理，因我国有的伴生组分没有单独精矿（如钒），要从冶炼中回收，算到冶炼为止的这个公式有更大的通用性。

7.2.2.2　*产值法*

产值法是用单位矿石中伴生有用组分和主要有用组分产值的比值来求品位换算系数，可用下列公式：

$$f_i = \frac{\alpha_i \times \varepsilon_{pi} \times \lambda_i \times \beta_{主}}{\alpha_{主} \times \varepsilon_{p主} \times \lambda_{主} \times \beta_i} \tag{7-26}$$

式中　α_i——矿石中伴生有用组分的品位；

$\alpha_{主}$——矿石中主要有用组分的品位；

其他符号意义同前。

根据产值法，可以得到：

$$f_i = \frac{\frac{\varepsilon_{pi}}{\beta_i} \times \lambda_i \times 1 \times \alpha_i}{\frac{\varepsilon_{p主}}{\beta_主} \times \lambda_主 \times 1 \times \alpha_主} = \frac{每吨矿石中 i 组分的产值}{每吨矿石中主组分的产值}$$

品位换算系数的含义指的是单位品位的第 i 个伴生组分能够折算成主组成的比例，而在产值法中却没有涵盖“单位品位”的概念。故我们认为产值法是错误的。

7.2.2.3　*盈利法*

这是张玉清同志提出的方法。他认为只考虑价格不考虑成本不合适，因为有的产品价格虽高，但回收成本也高，它在综合品位中占的地位不应该高；有的产品价格不太高；而成本很低，则相应地应占更高的地位（f_i 应该更大），他提出的计算换算系数（f_i）的公式是：

$$f_i = \frac{\varepsilon_i \times \varepsilon_{pi} \times \varepsilon_{si} \times (\lambda_i - C_i)}{\varepsilon_主 \times \varepsilon_{p主} \times \varepsilon_{si} \times (\lambda_主 - C_主)} \tag{7-27}$$

式中　C_i——伴生有用组分的生产成本；

$C_主$——主要有用组分的生产成本；

其他符号意义同前。

此法似乎最合理，但又出现了公用生产费用如何分摊的问题。而且当 $\lambda_i = C_i$ 时，$f_i = 0$，这样就会轻易否定了尚可回收利用的组分。

7.2.3　综合品位的计算及实例

7.2.3.1　*价格法实例*

［例 7-1］　江西某钨矿，确定品位换算系数的有关参数如下：

（1）钨的选矿回收率为 75%；

（2）锡的选矿回收率为 63%；

（3）钨精矿的售价为 7000 元/t;

（4）锡精矿的售价为 3350 元/t;

（5）钨精矿品位为 WO_3 = 65%；

（6）锡精矿品位为 Sn = 50%。

求 Sn 换算成 W 的品位换算系数。

又假定某矿石样品 WO_3 品位为0.171%，Sn 品位为0.121%，求该矿石的综合品位。

解：

$$f_{Sn} = \frac{0.63 \times 3350 \times 0.65}{0.75 \times 7000 \times 0.5} = 0.52$$

如此，则该矿石的综合品位为：

$$\alpha_{综}(WO_3) = 0.171\% + 0.52 \times 0.121\% = 0.234\%$$

[例7-2] 云南某铁矿为铜铁伴生矿床，确定品位换算系数的有关参数如下：

（1）采矿回收率均为90%；

（2）铜的选矿回收率为80%；

（3）铁的选矿回收率为65%；

（4）铜精矿的冶炼总回收率为95%（包括火法冶炼与电解）；

（5）铁精矿的冶炼回收率为80%；

（6）电解铜的售价为5400元/t;

（7）生铁的售价为150元/t;

求其品位换算系数。

再假定某样品 Fe 的品位为24.7%，铜的品位为0.2%，试求其综合品位。

解：

$$f_{Cu} = \frac{0.90 \times 0.80 \times 0.95 \times 5400}{0.90 \times 0.65 \times 0.80 \times 150} = 52.6$$

$$\alpha_{综}(Fe) = 24.7\% + 52.6 \times 0.2\% = 35.2\%$$

7.2.3.2 *产值法实例*

[例7-3] 某钨、钼矿床与品位换算系数有关的参数如下：

（1）钨的选矿回收率为80%；

（2）钼的选矿回收率为85%；

（3）钨精矿售价为7000元/t;

（4）钼精矿售价为7500元/t;

（5）钨精矿品位 WO_3 =65%；

（6）钼精矿品位 Mo =45%。

某样品中 WO_3 =0.46%，Mo =0.11%，求 Mo 换算成 WO_3 的换

算系数与综合品位。

解：
$$f_{Mo}=\frac{0.11\times85\times7500\times65}{0.46\times80\times7000\times45}=0.39$$

$$\alpha_{综}(WO_3)=0.46\%+0.39\times0.11=0.50\%$$

此例中如果采用价格法计算，得到：

$$f_{Mo}=\frac{85\times7500\times65}{80\times7000\times45}=1.64$$

价格法计算$f_{Mo}>1$，而产值法$f_{Mo}<1$，哪一个比较合理？

7.2.3.3 盈利法实例

[例 7-4] 同价格法实例 2，补充以下参数：

（1）电解铜的总生产成本为 4400 元/t；

（2）生铁的总成本为 135 元/t。

求其品位换算系数，及该样品品位换算系数。

解：
$$f_{Cu}=\frac{0.90\times0.8\times0.95\times(5000-4400)}{0.90\times0.65\times0.8\times(150-135)}=0.39$$

$$\alpha_{综}(Fe)=24.7\%+97\times0.2\%=44.1\%$$

必须指出，上述三种计算品位换算系数（f_i）的公式都是不完善的，因公式中的任何参数都是静态的。根据编者近年科研的体验，选矿回收率和精矿品位往往随着矿石品位的变化而变化，而冶炼回收率和精矿售价又会随着精矿品位的变化而变化。因此，前述公式中的这些参数，应改用能反映其动态变化的函数式，才能取得更可靠的计算结果。但是，不同矿山有其不同的函数式，实际工作中应通过数理统计加以确定。

8 多目标决策与矿产经济的研究

8.1 多目标决策的概念

多目标决策是近年来发展很快的软科学中的一个重要研究领域。由于目前尚处于迅速发展之中，它的名称尚未统一，除了“多目标决策”（Multi-objective Decision Making）名称外，有的学者还称之为“多目标规划”（Multi-objective Planing）、“向量最优化”（Vector Optimization）、“多准则决策”（Multiple-criteria Decision Making）或“目标数学规划”（Multi-objective Programming）等。

“决策”往往被理解为对方针政策性问题的重大决定，但是“多目标决策”是泛指一切需要综合考虑多方面要求（即目标）的决定。按此含义，则在工程建设、经营管理、设计等领域乃至生活中，经常都要进行多目标决策，实际上就是“统筹兼顾，合理安排”科学化。

一个决策是否最优，往往影响深远。一个低层次的决策尽管可能影响深远（如个人选择职业的决策可能影响终身命运），但影响面不大；稍高层次的决策（如涉及整个部门或单位的决策），则可能既影响深远又影响面大；如果是牵涉到全国性问题的决策，则甚至会影响到整个国家的发展前途。例如，我国50年代忽视了人口控制的决策，结果造成目前的被动局面。

要进行决策，必然要有目标（达到什么目的）。极简单的决策，可能是单目标的，但是多数决策都是多目标的。世界上难得有十全十美的事情，任何决策也难以使多个决策目标取得最满意的效果，这样就产生了怎样进行多目标决策的问题。

多目标决策的实质是在各决策目标之间和各限制条件之间求得合理的协调。越是复杂的决策，牵涉到的决策变量及决策目标越多，决策的难度越大。随着社会和生产的发展，人类面临的决策问题越来越复杂，要做出真正科学的决策也越来越难，这样，软科学中的多目标

决策研究领域也就应运而生了。

8.2 矿产经济研究中可能涉及的决策目标和决策的复杂性

8.2.1 矿产经济决策中可能涉及的决策目标

（1）经济效益目标。例如，以矿床经济评价为手段进行矿床工业指标的优化决策中的净现值、内部投资收益率、总利润等；在勘查项目的排序决策中，除这些目标外，可能还要涉及单位探明储量的勘探成本等。

（2）矿产资源回收效益目标。例如，在矿床工业指标优化决策中所考虑的可利用资源的总回收量的决策目标，这种目标常以可能回收的精矿量或金属量来衡量。

（3）节能效益目标。无论是在勘查或开发矿床的投资决策和排序决策中，还是在矿山生产技术指标优化决策中，这个目标都是应该加以考虑的因素，因为目前我国可再生能源供应量有限，大部分能源来自不可再生的矿产资源（煤、石油及核原料），而且我国大宗矿产能源紧缺。

（4）环保效益目标。例如，有两类其他条件相似的金属矿床可供勘探与开发，其中一类金属的品位高但含不容易回收的非金属砷，另一类则相反。此时在做出优先勘查及开发哪一类矿床的决策时，就不得不考虑砷对环境污染这个因素，而使环保问题成为决策目标之一。

（5）国土开发效益目标。在国土开发程度低（如边远山区）的地区搞矿产勘查必然投资大，从经济效益目标来衡量是不利的；但是这却可能带来该地区交通运输条件的改善，进而促进当地生产、经济和文化的发展。因此，这个目标也常要成为矿产经济决策中需要考虑的一个社会效益目标。

（6）劳动就业效益目标。这个决策目标，在买矿还是自己开矿（包括我国向外国买或某地区向另外地区买）的矿产经济决策问题上，体现最为突出。矿产开发行业既是资金密集行业，又是劳动密集行业，自己开矿尽管投资大，但却可带来大量就业机会，同时不仅在新矿山增加就业机会，而且为矿山提供设备、材料和服务的其他部门

也会增加就业机会。

(7) 外汇收支效益目标。这个决策目标主要体现在矿产品进出口贸易的矿产经济决策问题上。显然，要买矿，再便宜也要消耗外汇，而卖矿尽管价格低也有外汇收入。在外汇紧缺情况下，这也是必须加以考虑的目标。

(8) 科技进步效益。这个决策目标在与外国合资勘查或开发矿产资源问题上体现得最为突出。我国目前既引进外资勘查、开发国内矿产资源（如煤和石油），又到国外投资开发他国的矿产资源，这表面上是矛盾的，但两者都有利于学习国际先进经验，提高我国的管理水平和工艺技术水平。

(9) 解决供需矛盾的效益目标。例如，铬矿在我国还属短缺矿产，虽然我国铬的成矿地质条件不利，勘查和利用成本高，但是，尽管是“赔本买卖”也仍然要投资搞些勘查及开发，就是出于这个决策目标的考虑。

(10) 国防效益目标。除了矿产品进出口的决策问题外，勘查和开发国防边境矿产的决策中，这是个不得不加以考虑的决策目标。

8.2.2 矿产经济决策的复杂性

(1) 所要考虑的决策目标多。越是宏观的矿产经济决策问题，涉及的决策目标越多。例如，关于进口铁矿石的矿产经济决策问题，目前地矿界都基本上同意应该有进口，但进口量的大小仍然分歧很大，原因就在于争论的双方各自从不同的决策目标立论。主张多进口的人认为多进口矿石可节省投资，可节省国内资源消耗，有利于环保，能及时解决供需矛盾（自己建矿周期太长），而且节能；而反对大量进口的人，则认为多进口矿石不利于扩大我国劳动就业，要多支出外汇，不利于发展我国采、选技术及设备，不利于国土开发，而且一旦发生战争则后果严重。由双方的争论中可见，几乎涉及前述所有决策目标，而且综合权衡 10 个决策目标的利弊，最后再做出进口数量多少为宜的科学决策是多么复杂。

(2) 有些决策目标难以定量化。例如，国防、国土开发和科技进步等效益目标都难以定量化。

（3）各决策目标量纲不同。如经济效益目标按万元计，而节能效益目标按度（电）或公斤（标准煤）计，这样就难于用传统数学方法，综合权衡其利弊得失。

（4）各决策目标的权重难以客观取值。显然，在以上各决策目标中，不可能是同等重要的，要决策就要衡量各决策目标的重要程度，确定合理的权重，但这却难以客观取值。

（5）各决策变量间存在相关性。所谓“决策变量”，是指影响决策目标的各种参数。例如，在品位指标多目标优化决策中，经济效益、资源回收量、单位产品能耗等是决策目标；而边界品位、工业品位、开采损失率及贫化率、选比（或产率）和精矿品位等是影响这些决策目标的变量。这些变量间时常存在着相互联系、相互制约、互为变量的关系，例如当变动品位指标时，损失率、贫化率、选比等都会随之而变化；而且当通过生产工艺措施控制改变某些采、选参数时，最佳的品位指标也必然有变动，真可谓是牵一发而动全身；同时，这些决策变量的本身往往又是被优化的对象，这样就更增加了多目标决策的复杂性。

8.2.3 矿产经济决策的途径

如上所述，矿产经济多目标决策是个既重要又复杂的课题。对此类课题，显然不能靠领导“拍脑袋”，或只靠科技工作者的讨论来决策，而必须应用软科学中的多目标决策的新理论和新方法，并借助于计算机手段，才能实现真正的科学决策。

我们在有关矿产经济研究的课题中，先后探索应用了多种多目标决策方法。从探索中发现采用下列办法是行之有效的。

（1）系统而全面地收集地质、采矿、选矿、财务以及其他有关的技术经济参数资料并建立数据库，这是进行科学决策的基础。

（2）利用各种数学方法及上述资料建立起各决策变量间的数学模型，通过这些模型，以正确地反映各决策变量之间的动态联系。

（3）建立起能反映被决策问题内部规律的综合技术经济模型。这种模型是将上述各数学模型进一步联系起来，形成能分析计算各项决策目标的综合模型。在利用模糊数学或灰色系统方法进行多目标决

策中，借助于面向对象程序设计语言和数据库，开发专用的优化决策软件，完成众多方案各目标函数的计算分析。

（4）选用适当的数学方法进行多目标优化决策。在多年的科研实践中，我们曾先后探索应用过动态规划、非线性规划、目标规划、模糊数学、灰色系统以及评价锥等方法，这些方法各有其优缺点。

（5）对决策结论进一步进行不确定性分析（包括风险分析、敏感分析等）。由于矿产经济决策中存在许多不确定性因素。所以还必须进行此项分析。例如，目前各项生产成本或矿产品售价的变动，就属不确定性因素。为了进一步了解这类不确定性因素对决策结论的影响程度，就必须进行此项分析。

（6）邀请有关专家咨询轮回、彼此渗透，对决策结论进行最后的论证。有许多决策问题，既需要严密的分析计算，也需要有关专业专家的经验，而专家的许多经验是难以进行定量的计算的，所以这个工作也是不可缺少的。

上述第（1）至（5）项工作所形成的计算机专用软件，实际上就是许多软科学学者所强调要建立的“决策支持系统”（Decision Support Systems，DSS）。我们的差距是研究中尚未建立起这些学者也强调的另一种系统，即“专家系统”（Expertise Systems，ES）。

8.3 模糊数学在矿产经济研究中的应用

8.3.1 模糊数学的基本概念

8.3.1.1 精确与模糊

在人类历史的发展过程中，人类对客观事物的认识，逐渐由“心中无数”到“心中有数”，由模糊趋向精确。以自然数的使用为起点，千百年来经典数学在描述自然的现象和规律方面，已取得惊人的成就。在人类历史的早期，模糊曾作为精确的对立面，代表着落后的生产力。

但是，随着人类社会生产力和科学技术的发展，人类所研究的对象越来越广泛和复杂，实践证明，凡是复杂的事物很难精确化，精确性与复杂性往往是互相矛盾而又互相排斥的。这就是许多科技工作者

从实践中总结出来的所谓“不相容原理”（又名“互克性原理”），即：“当一个系统复杂性增大时，人们使之精确化的能力将减少；在达到一定阈值（或限度）之上时，复杂性和精确性将相互排斥”。这是由于高度复杂的系统中，有很多复杂的因素在对系统产生影响，以致人们无法全部去进行考查，倘若我们抓住了这些因素中的主导因素（这是正确的做法），便会忽略次要因素，而导数使某些概念由精确变得模糊起来。

在我们日常生活和工作的过程中，模糊的概念（即没有确切的界限的事物及其表达形式）随时可见，例如美与丑，胖与瘦，地质工作中所遇到的矿化的优与劣，矿体形态的复杂与简单等等，虽然是两种完全相反的概念，但在它们之间却没有截然可分的界限，由此可见，人类在社会生活、生产实践，以及科技工作中，都少不了要与模糊概念打交道。

由于模糊概念是一种不规则逻辑，由此构成的信息也只能是含义模糊的信息，即所谓模糊信息。例如，要表达一个人的衰老，可用白发苍苍、步履蹒跚、脊背弯曲等一系列形容词来说明，而这些就属于模糊信息。

要利用计算机判别一个概念，要求输入精确的信息，对于模糊信息过去是无能为力的。但是，人脑对于多么模糊的信息都具有高度的识别能力和判断水平。例如，我们对于十多年前的一个老同学或老朋友，尽管过去和现在我们都未对身高、体重及语言、相貌等进行过精确的测定，尽管其面貌及胖瘦等在十多年中已有许多改变，但是一旦见面，还是能够马上认识他；而这个认识过程要让计算机来做，那就得先测量所要认识人的身高、体重、语言以及相貌等一系列数据，再输入计算机与已存储于机内的许多数据进行对比才能加以判别，而且尽管进行精确的对比，仍然可能闹出“翻脸不认人”的笑话来，因为人体的各项数据并不是恒定不变的。由人脑的判别过程可知，我们恰恰是在模糊中见到了光明。一定程度的模糊反而使我们能轻易地得出所见到的是什么人的精确结论，这就是精确与模糊之间的辩证法：精确兮，模糊所伏；模糊兮，精确所依。所以，就人类对模糊信息的识别能力和判断水平而言，目前计算机是望尘莫及的。这是由于人脑

的思维活动能够处理大量的模糊性问题。而经典数学却无能为力，因而无法建立起适用于现有计算机的数学模型。

8.3.1.2 模糊数学的产生

生产力和科学的发展，不仅要求人们能够认识简单的自然现象和规律，而且还要求人们能够认识复杂的自然现象和规律以及复杂的社会现象和规律，从而要求从数学角度能解决模糊性的问题，而且也要求计算机能够处理模糊的信息，而具有人工的智能。在这种的形势要求下，模糊数学就应运而生了。

1965 年美国查德（L. A. Zadeh）教授发表了《模糊集合》（Fuzzy Set）的论文，他第一次明确地提出了从数学上解决事物模糊性的问题，并给出了模糊概念的定量表示法。模糊数学从此产生了。

查德在他的论文中引入了“隶属函数”这个概念，来描述差异中的过渡问题。这是精确性对模糊性的一种逼近，因而他首次成功地运用了数学方法描述模糊概念。

模糊数学是专门处理模糊概念、模糊信息的数学新分科。模糊概念、模糊信息之引入数学领域，决非以模糊代替精确，而是为了解决经典数学所不能进入或难于进入的禁区。数学是在不断地追求精确，但在追求精确的过程中，往往遇见难以精确的模糊，模糊数学由于打破了形而上学的束缚，既认识到事物“非此即彼”明晰性的一面，又认识到事物“亦此亦彼”过渡性的一面，因此它具有更强的适用性，并成为架在精确的经典数学与充满模糊性现实世界之间的一座桥梁。

模糊数学的产生虽时间不长，但已显示出强大的生命力，例如，对于气象来说，不论是某种气象的概念和影响气象的因素都具有模糊性（如多云少云就是模糊概念）。利用精确的经典数学方法进行天气预报，未必能得到最精确的结论，而我国气象学界把模糊数学用于天气预报，却提高了预报的可靠性，并在国际学术会议上获得好评。其他如医学、心理学、语言学、社会科学等凡属复杂系统而过去与数学似乎无缘领域的问题，模糊数学的运用都已取得显著成效。

此外，利用模糊数学构造的数学模型来编制计算机程序，可以使计算机能更广泛、更深入地模拟人脑的思维活动，从而可提高计算机

的“智力”。

8.3.1.3 隶属函数的概念

模糊数学不是让数学变成模模糊糊的东西，而是将数学打入有模糊现象、模糊概念的各知识领域，所以不能把模糊数学的“模糊”看成不要精确；相反地，大量的事实表明，许多事物过分地追求精确反而更模糊，而适当地模糊反而可以达到精确的目的。而其关键在于如何寻找适当的数学语言来描述事物的模糊性。这个数学语言即隶属函数，它在模糊数学中占有突出地位。

经典数学的集合论，实质上是扬弃了事物的模糊性而抽象出来的，是把思维过程绝对化，从而达到精确、严格的目的。一个集合可用特征函数 x 来表示。它可表示某元素 X 是否属于集合 A。若 $X \in A$，则 $x_A(x)=1$；若 $x \notin A$，则 $x_A(x)=0$。在模糊数学中模糊集合的特征函数称为隶属函数，记作 $\mu_A(X)$，它表示元素 X 属于模糊集合 A 的程度或“资格”。由于 μ 可在［0，1］区间连续取值，所以很适合表现元素属于某模糊集合的种种模糊状态。

例如，有人根据人们对“老年人”概念的大量统计，提出判断某人属于“老年人”集合的隶属函数可用下式表述：

$$\mu_{\text{老年人}}(X) = \frac{1}{1+\left(\dfrac{5}{X-50}\right)^2} \qquad (50 < X \leqslant 100)$$

式中，X 表示 50 岁以上的年龄。

由计算可得到该隶属函数在 X 值不同时的“隶属度”：

$$\mu_{\text{老年人}}(55) = 0.5$$

$$\mu_{\text{老年人}}(60) = 0.8$$

$$\mu_{\text{老年人}}(70) = 0.94$$

这表明 55 岁的人只能算是“半老”，因他的隶属度（即属于老年人的“资格”）只有 0.5，而 60 岁和 70 岁的人，属于老年人的隶属度分别为 0.8 和 0.94，可以说是基本上是老年人了。

模糊数学中隶属函数通常是根据统计或经验来确定的。不同的事物的确定方法可不同，因此隶属函数往往成为进行模糊数学运算中的

大难题。卡夫曼已收集整理出28种不同类型的隶属函数。

8.3.2 地质体的模糊性

自从地质学建立以来许多地质学家都力图用数学方法来描述某些地质体（矿床、地层、构造、岩体等）的变化规律，但地质体是漫长地史发展中地质作用的复杂产物。正由于地质体的复杂性，所以长期以来虽然地质学家力图用数学来描述地质体的变化规律，却未能得出太满意的结果。最初的地质学曾经把地质体看成是具有确定性变化的事物，而运用相应的数学方法对其进行研究，结果效果很不理想；后来又有的地质学家把地质体看成是具有随机性变化的事物而运用数理统计的数学方法进行研究，得到了相对较好的效果，数学地质中的各种多元统计方法的运用即其具体成果。而地质统计学的产生，又进一步明确了地质体的变化性质往往具有双重性，即既具有确定性的一面，又有随机性的一面，而且找到了相应的处理方法，获得较好的效果。

但是，随着地质科学的发展，目前有的地质学家已开始意识到，在地质体双重性的变化中，对于较复杂的地质体，在其不确定性变化中，又还有两重性，即既有随机性的一面，又有模糊性的一面。这种现象有其必然性，因为有许多地质体都是在漫长的地史岁月中各种复杂地质作用的产物。越是复杂的地质体，其模糊性将越显著。

地质体的模糊性不仅表现在其本身特点上，而且还表现在其相互关系、影响形成的因素、有关地质体的概念以及有关的地质工作经验等方面。

（1）地质体本身特点的模糊性。例如某地质体形态的简单与复杂、规模的大小、地质体物质成分的简单和复杂，以及矿化的优与劣等等。

（2）地质体相互关系的模糊性。例如，岩浆岩中，酸性，中性、基性、超基性岩的划分；某些矿床成因类型的划分等，尽管已有某些地质学家为其规定了某些划分标准，而在实际工作中却往往发现有许多类型的划分，仍然存在着许多模糊不清的问题。

（3）影响地质体形成因素方面的模糊性。例如，影响矿床或变

质岩形成的温度方面，尽管过去某些地质学家为其规定了某种指标，而划分为高温、中温、低温等，但是实际上其间也存在着模糊性；又如，影响地质体形成的深度因素方面，也同样存在着模糊性。

（4）地质学中某些概念的模糊性。正是由于地质体的模糊性，导致在地质学中所建立的某些有关概念也具有模糊性。例如，对于某些复杂的矿床，其中哪些矿物应属有用矿物，哪些矿物应属于脉石矿物，往往也是模糊的；甚至，“矿床”这个概念也还存在模糊性。

（5）地质工作经验的模糊性。也由于地质体的模糊性，还导致地质工作经验的模糊性。由于人脑对于模糊的信息具有高度的识别能力和判断水平，因此有经验的地质工作者，往往根据某地的地质条件，判断其深部是否可能存在矿体，但却难以判断其精确储量。

根据大量地质工作经验所总结出来的有关“矿床勘探类型”和“储量级别”的规定，其中各类型、各级别的划分标准也是模糊的。例如，在勘探类型划分中要考虑矿体形态、矿床构造等条件的“简单”和“复杂”；在储量级别的划分中，要考虑对矿体产状、形态和空间位置等是“准确控制”、“详细控制”，抑或“基本控制”，而实际上这些划分标准也是模糊的，正因为如此，在评审某些勘探报告时，对这些问题往往争论不休。

8.3.3　模糊数学在地质工作中应用的广泛前景

由于矿产经济研究往往是在其他地质工作基础上进行的，所以在介绍模糊数学在矿产经济研究中的应用之前，有必要先介绍一下本问题。

越是具有模糊性的事物及模糊信息，越是需要借助模糊数学来研究分析，才能得到相对更精确的结论。由于上述地质体的模糊性，可见在地质工作中应用模糊数学是有其广泛前景的。

模糊数学目前尚处于正在发展的阶段，其应用领域也还在不断扩大之中，这里举例说明模糊数学可应用于地质工作中的哪些领域。

（1）模糊聚类分析方法。例如，本法可用于：进行矿石类型的合理划分；进行矿石或岩石按与采矿有关的物理力学性质（如稳固性、钻岩性等）的合理分类；进行不同围岩蚀变带的合理划分；根

据已有矿化分布及其所处地质条件，进行矿化程度不同地段的合理划分；矿床勘探类型的合理划分等。

(2) 模糊个体模式识别方法。例如，可用于与成矿有关或无关的地层、构造或岩性的判别等。

(3) 模糊群体模式识别方法。例如，可用于矿床勘探类型的定量化确定；储量级别的定量化确定等。

要说明的是，模糊聚类分析与模糊模式识别，虽然都是处理事物的分类问题，但是无论所处理的问题的性质或处理的方法都是不相同的。后者是已知若干个模式，要求识别某新发现的对象应属于哪个模式；而前者则要求对一大群难以分类的对象，根据其各自特性，进行合理的分类。

(4) 模糊综合评判方法。例如，在环境地质研究中，对于存在多种有害元素或有害因素的地区，本法可用于环境地质单元质量（重污染、中等污染、轻污染或无污染）综合评价；或在矿区深部找矿中，根据各种成矿条件的综合评价，用以确定最优找矿地段或次优地段。在建立找矿勘探的计算机专家系统（ES）时，此方法更是不可缺少的辅助手段。

(5) 模糊关系方程方法。这是模糊综合评判的逆运算问题，最有利于模仿专家的经验，以便使计算机具有某些方面的人工智能。此方法已成功地应用于“电脑医生”，以代替名医进行诊断医疗工作。同样地，它可用于模仿地质专家的经验，因此在建立找矿勘探的专家系统时，需要综合运用本法与上述模糊综合评判方法。

此外，在编绘各种地质图件中，有丰富经验的地质工作者，才能正确进行地质界限点的连接，以取得符合客观实际的连图效果；而这个问题是利用计算机编绘地质图件的最大难题，因为计算机并不具备丰富的连图经验。利用本方法，可使计算机“学习”到地质工作者的丰富经验，从而进行地质图件的正确编绘。

8.3.4 模糊数学在矿产经济研究中的应用

矿产经济研究涉及比一般地质工作更复杂的系统。除了前述地质工作所涉及的许多复杂问题外，它还涉及到经济体制、价格体系、矿

产品供求市场等许多更复杂的问题。由于研究对象的复杂性，必然导致问题的模糊性，因此应用模糊数学的必要性更大。

以下举例说明模糊数学中模糊综合评判和模糊规划在此方面的应用研究：

（1）矿床工业指标优化研究。包括边界品位，工业品位及最小可采厚度等指标的优化研究，例如，矿体品位指标优化的研究，既要考虑净现值、投资收益率及总利润等经济效益目标函数处于较好状态；又要考虑资源回收及能耗等目标函数也处于相对较好状态。但这些目标函数之间量纲不同，而且各目标的最佳峰值又往往出现于不同的品位指标下，这就需要通过归一化处理，以便进行多目标优化决策，而模糊数学正是处理这类问题的有效手段之一。

（2）找矿勘探投资的风险分析。由于地质体的种种模糊性，使得找矿勘探工作成为投资风险最大行业之一，因此在投资前进行风险分析十分必要。但是，在此种分析中，所依据的资料大部分属模糊信息，所以模糊数学在其中大有用武之地。

（3）矿床经济评价。矿床经济评价是预估或者预测某矿床开发后可获得的经济效益。既然是预测性的，在评价时就必然要利用许多模糊信息（如各项采、选技术经济参数）；在此种情况下应用模糊数学方法可取得相对较精确的结论。

（4）找矿勘探项目或矿床开发项目投资的排序决策。此项工作是在前两项工作基础上的进一步工作，但是在决策时除了考虑经济效益的因素外，还要综合考虑许多其他因素，所以往往成为多目标决策问题。前已述及，模糊数学是进行多目标优化决策的有效手段之一，所以在此决策中也有用武之地。

（5）找矿勘探手段选择、工程布置及其网度优化的研究。过去常把这些问题的处理看成是单纯的技术问题，但实际上也是矿产经济研究课题之一。例如，勘探网度如太密，必然积压勘探投资；而网度太稀，则勘探资料不能满足开发设计的要求而可能造成更大经济损失；而且对这类问题的研究也还要综合考虑其他各种因素，因而也成为多目标决策问题之一，也要用模糊数学的方法。

除了上述可应用模糊数学的领域外，其他如矿产品市场供求形势

预测，以及某些矿山经营参数优化等的研究，也都可以把模糊数学作为研究的得力工具。

8.3.5 地质工作及矿产经济研究中引用模糊数学方法需要探索的问题

模糊数学虽属数学中的一个新兴分支学科，但其有关概念并不难懂，对于经常与具有模糊性的地质体打交道的地质工作者更易于接受；而模糊数学的运算方法则更为简单，地质工作者完全可通过自学掌握其应用方法，我们认为在应用中主要注意探索解决以下几个问题：

（1）隶属函数模型的确定问题。前已述及，在模糊数学中，隶属函数占有突出的地位，而此函数目前已发现的数学模型已近三十种，针对某类问题要选用哪一种函数尚无章可循。在这种情况下，建议在初步应用模糊数学时，不妨暂先采用线性函数。而后在广泛应用的基础上，再探索针对什么问题要采用哪种函数更合适的规律。

（2）计算方法的选用问题。在应用模糊数学中的某类方法时，往往同类方法同时存在几种不同的计算方法。例如，模糊综合评判就存在四种不同计算方法：主因素决定型、主因素突出型，不均衡平均型和加权平均型。究竟针对什么问题采用何种计算方法，现在也无章可循。根据我们的经验，对此问题只好通过同时采用不同计算方法，再与其他数学方法（如运筹学方法或灰色系统方法）进行对比加以确定，以便逐步找出各种计算方法最适用的条件。

8.4 目标规划

8.4.1 目标规划模型

目标规划始于 20 世纪 60 年代，是由美国科学家 Charnes 和 Cooper 提出和创立的，它是在线性规划基础上产生的，并得到了迅速发展和应用，尤其在解决多目标问题时，它不仅能够解决不同量纲归一化问题，而且也能表示出轻重缓急的程度，它常被用来做社会、生产领域的经济评价。目标规划基本思路：对每一个目标函数引进一个期望值（理想值），但由于种种条件的限制，这些期望值往往并不都

能达到，从而对每一个目标函数再引进正、负偏差变量，然后对所有的目标函数建立约束方程，并入原来的约束条件中，组成新的约束条件（它由原约束条件加上新并入的目标函数约束构成），在这组新的约束条件下，来寻找使各种决策者所希望的偏差为最小的方案，由于各个目标的重要程度不同，还可以引入目标的优先等级和权系数。

目标函数的期望值：在应用目标规划以解决多目标决策问题时，首先要确定一个希望能达到的理想值 e_i（$i=1, 2, \cdots, m$），这些值的要求并不十分精确和严格，它可以根据以往的历史资料，或根据市场的需求、上级部门的布置等来确定。显然，这样确定的目标函数期望值可能是互相矛盾，而且一般不可能全部达到。但这无碍于问题的求解，只是利用这些暂定的期望值寻找某个可行解，使这些目标函数的期望值得到协调、更好的实现。

正、负偏差变量 d_i^+, d_i^-：如上所述，各个目标函数的期望值往往不可能全部都达到，为了从数量上描述各目标期望值未达到的程度，可对每个目标函数分别引入偏差变量 d_i^+, d_i^-，且 $d_i^+, d_i^- \geqslant 0$（$i=1, 2, \cdots, m$）。其中 d_i^+ 表示第 i 个目标超出期望值的数值，d_i^- 表示第 i 个目标未达到期望值的数值，d_i^+ 与 d_i^- 中至少一个为零。

经过以上两个过程，我们可将原目标函数建立起目标函数方程：

$$CX + D^- - D^+ = E$$

式中 C——决策变量的系数；

X——决策变量；

D^-——负偏差变量；

D^+——正偏差变量；

E——目标函数期望值。

然后把它看成约束方程，并入原约束条件中。

达成函数：对多目标模型中的各个目标函数，通过引入了期望值和正、负偏差变量，而被引入了约束条件中，接着要考虑的就是如何选择一个可行的方案，使它的各目标函数值最接近于各自的期望值。也就是说，要使诸偏差达到最小值。为此，要构造一个新的目标函

数，以求得有关偏差变量的最小值。因此目标规划的目标函数只能是 $\min z = f(d^+, d^-)$，其基本形式有3种：

（1）要求恰好达到目标值，即正负偏差变量都要尽可能地小，这时

$$\min z = f(d^+ + d^-)$$

（2）要求不超过目标值，即允许达不到目标值，就是正偏差变量要尽可能地小，这时

$$\min z = f(d^+)$$

（3）要求超过目标值，即超过量不限，但必须是负偏差变量都要尽可能地小，这时

$$\min z = f(d^-)$$

目标的权系数和优先级别：在多目标决策中，往往各目标的重要程度是不同的，目标规划允许根据目标的重要程度给每个目标以不同的权系数。同时，某些目标的实现往往是另一些目标的前提，决策中要在达到某最重要目标的前提下，再来解决次要的目标，乃至更次要的目标，这样可将不同目标排列成一定的级别，即优先等级。

8.4.2 目标实现多目标优化决策的步骤

（1）建立多目标线性规划模型

1）设定决策变量；

2）建立各约束条件的方程或不等式；

3）建立各有关目标函数。

（2）将多目标线性规划模型转化为目标模型

1）对每个目标确定适当的期望值；

2）对每个目标引入正、负偏差变量，建立目标的约束方程，将其并入约束条件中；

3）建立达成函数，确定各目标的优先级别。

如此得到以下的标准目标规划模型：

$$\min f = \sum_{i=1}^{n} p_i m \sum_{j=1}^{m} (w_{ij}^- d_i^- + w_{ij}^+ d_i^+)$$

约束条件为：

$$\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_j + d_i^- - d_i^+ = e_i$$

$$\Sigma a_{ij}x_j \leqslant (\text{或} \geqslant, \text{或} =) b_i$$

$$x_i \geqslant 0$$

$$d_i^-, d_i^+ \geqslant 0$$

$$d_i^- \times d_i^+ = 0$$

$$(i = 1, 2, \cdots, n)$$

式中 x_j——决策变量；

c_{ij}——第 i 个目标中 x_j 相应系数；

e_i——第 i 个目标的期望值；

a_{ij}——第 i 个约束条件中 x_j 的相应系数；

b_i——第 i 个约束条件的右端常数；

d_i^-——第 i 个目标低于期望值的负偏差变量；

d_i^+——第 i 个目标高于期望值的正偏差变量；

p_i——目标的优先级别；

w_{ij}^-——p_i 级目标中的 d_i^- 的权系数；

w_{ij}^+——p_i 级目标中的 d_i^+ 的权系数。

权系数 $w_{ij}^+, w_{ij}^- \geqslant 0$

（3）解目标规划模型，求最优解。通过目标规划实现优化，具有以下优点：

1）便于实现较多决策变量的整体优化；

2）当生产经营中存在较多约束条件时，目标规划能全面予以考虑；

3）能区分决策目标的优先等级。

但目标规划优化时存在的主要缺点是：只能得到唯一解，而在实际的生产经营中，决策者往往希望能有若干个可供选择的相对最优方案，以便根据经验进一步选择其中的某个方案，在这一点上，模糊数学的模糊综合评判方法则有一定的优越性。

8.4.3 目标规划在矿产经济研究中的应用示例

8.4.3.1 目标规划法优化某铁矿品位指标

该矿为一大型露天矿，分主矿和东矿两采区。两采区均有原生矿和氧化矿两类矿石，需分采分选。采用单品位指标圈定矿体。生产中有较多约束条件，要求通过多目标优化决策分别调整主矿和东矿两类矿石的可采品位指标。

A 优化步骤

(1) 分别建立两采区两类矿石以可采品位为自变量求储量和求平均地质品位的数模。

(2) 建立以平均品位为自变量求体重的数模。

(3) 建立以入选品位为自变量求选比和精矿品位的数模。

(4) 根据课题的研究目的及特点，确定决策目标。所确定的主要决策目标为净现值、总利润和资源回收量。后者以同一开采范围内所能回收的精矿量衡量。

(5) 根据该矿近年生产中的基本技术、经济参数，如损失率、贫化率、生产的固定费用、可变费用（随产量而变的各项生产直接费用）、精矿售价等以及上述所建数模，用 Microsoft Excel® 软件建立综合技术经济模型。在该模型中，被优化的各可采品位与各决策目标可构成动态联系，即当变动每一个可采品位指标时立即可算出各目标函数的值。

(6) 设置两采区各两类矿石可采品位指标作种种不同排列组合的 25 个方案，并利用 Microsoft Excel® 计算出各方案的各决策目标值。

(7) 利用以上各步骤所得数据进行回归分析，以建立起各可采品位为自变量的种种回归方程，包括分别求总利润、净现值、精矿量的回归方程以及分别求两采区采出矿量，两类型矿石入选矿量的回归方程。

(8) 根据矿山实际生产条件确定约束条件，所确定的约束条件是两采区采出矿量约束条件，两类矿石入选矿量约束条件和可采品位指标的最高限、最低限的约束条件。

（9）根据各决策目标的重要程度确定目标的优先级，第一优先级是精矿产量，因为满足冶炼厂对精矿的需求是首先必须满足的要求；第二级是净现值和总利润；再其次为年采出矿量和年入选矿量。该研究中净现值与总利润的权系数取等值。

（10）给定各目标函数的期望值。研究中都以上述第（5）步骤计算所得数据的最高值作为期望值。

B　建立目标规划模型

其模型如下：

$$\min f = p_1 d_3^- + p_2(d_1^- + d_2^-) + p_3[(d_4^- + d_4^+) + (d_5^- + d_5^+)] + p_4[(d_6^- + d_6^+) + (d_7^- + d_7^+)]$$

$$3492.505x_1 + 1232.3955x_2 - 1380.6986x_3 - 1995.7649x_4 + d_1^- - d_1^+ = 31064.96 \quad \text{（总利润模型）}$$

$$2255.297x_1 + 849.9208x_2 - 573.3995x_3 - 950.2112x_4 + d_2^- - d_2^+ = 48036.95 \quad \text{（净现值模型）}$$

$$13.05508x_1 + 7.61744x_2 + 27.88966x_3 + 45.25684x_4 + d_3^- - d_3^+ = 1770 \quad \text{（精矿量模型）}$$

$$5.955055x_1' + 12.96969x_3 + d_4^- - d_4^+ = 377.468 \quad \text{（东矿采出量）}$$

$$11.47606x_2 + 10.45365x_4 + d_5^- - d_5^+ = 435.2236 \quad \text{（主矿采出矿量）}$$

$$11.47611x_1 + 5.955106x_2 + d_6^- - d_6^+ = 311.2236 \quad \text{（氧化矿入选量）}$$

$$10.4536x_3 + 12.96916x_4 + d_7^- - d_7^+ = 871.45 \quad \text{（原生矿入选量）}$$

式中　$\min f$——达成函数；

p_i——决策目标的优先级别；

d_i^+，d_i^-——第 i 个目标低于期望值的正、负偏差变量（$i = 1,2,\cdots,7$）；

x_1——东矿氧化矿可采品位；

x_2——主矿氧化矿可采品位；

x_3——东矿原生矿可采品位；

x_4——主矿原生矿可采品位。

计算后得：

$x_1 = 25.21$，$x_2 = 22.42$，$x_3 = 18.43$，$x_4 = 17.35$

$d_1^+ = 0$，$d_1^- = 24479.02898$，$d_2^- = 0$，$d_2^+ = 780.84328$，$d_3^+ = 0$，

$d_3^- = 26.16872$，$d_4^- = 11.24076$

$d_4^+ = 0$，$d_5^- = 3.32573$，$d_5^+ = 0$，$d_6^- = 0$，

$d_6^+ = 11.36875$，$d_7^- = 0$，$d_7^+ = 453.77523$

由此得：总利润：594438.3 万元，净现值：333957.2 万元，精矿量：9791.5 万 t。

8.4.3.2 目标规划法在配矿中的应用

今有 6 类矿石的品位及矿量如表 8-1 所示。

表 8-1 6 类矿石的品位及矿量

类 别	1	2	3	4	5	6
品位/%	63.28	61.60	55.02	53.75	52.98	39.72
矿量/万 t	12.8	4.2	10.4	12.2	23.4	37

现将它们配成如表 8-2 所示的三种成品出售。

表 8-2 配矿后的结果

成 品 矿	平 炉 矿	高 炉 矿	
品位/%	61	54	53
单价/元 · t^{-1}	110	72	70

期望产值能达到 5400 万元，越多越好；平炉矿由于销路原因，希望尽可能准确地生产 20 万 t，不希望有大的出入；高炉矿销路很好，希望生产 50 万 t，越多越好。试问 6 类矿石如何搭配？

这是个目标规划问题。设从第 i 类矿石中取出 x_i 万 t，配成平炉矿；取出 y_i 万 t 配成品位为 54% 的高炉矿；取出 z_i 万 t 配成品位为 53% 的高炉矿。由此得产量约束条件为：

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + d_1^- - d_1^+ = 20$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + d_2^- - d_2^+ = 50$$

其中：$d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^-$ 为产量的正负偏差变量。

产值的约束条件为：

$$110 \times (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6) + 72 \times (y_1+y_2+y_3+y_4+y_5+y_6) +$$
$$70 \times (z_1+z_2+z_3+z_4+z_5+z_6) + d_3^- - d_3^+ = 5400$$

其中：d_3^+, d_3^- 为产值的正负偏差变量。

由金属平衡原理可得品位约束条件如下：

$$\frac{63.28x_1 + 61.60x_2 + 55.02x_3 + 53.75x_4 + 52.98x_5 + 39.72x_6}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6} = 61$$

$$\frac{63.28y_1 + 61.60y_2 + 55.02y_3 + 53.75y_4 + 52.98y_5 + 39.72y_6}{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6} = 54$$

$$\frac{63.28z_1 + 61.60z_2 + 55.02z_3 + 53.75z_4 + 52.98z_5 + 39.72z_6}{z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6} = 53$$

此外，还有以下约束条件：

$$x_1 + y_1 + z_1 \leq 12.8$$
$$x_2 + y_2 + z_2 \leq 4.2$$
$$x_3 + y_3 + z_3 \leq 10.4$$
$$x_4 + y_4 + z_4 \leq 12.2$$
$$x_5 + y_5 + z_5 \leq 23.4$$
$$x_6 + y_6 + z_6 \leq 37.0$$
$$x_i, y_i, z_i, d_i^+, d_i^- \geq 0$$
$$d_i^+ \times d_i^- = 0 (i = 1,2,\cdots,6)$$

以产值为第一优先级，平炉矿产量为第二优先级，高炉矿为第三优先级，得到如下达成函数：

$$\min f = p_1 d_3^- + p_2(d_1^- + d_1^+) + p_3 d_2^-$$

使用 Microsoft Excel®的规划求解，得到可行解如下：

产值目标完全实现，为407.108万元，平炉矿产量刚好为20万t，高炉矿产量（50－4.184）万t，比期望产值少4.184万t。

9 矿产资源资产和矿业权资产

矿产资源和矿业权都具有资产属性，是性质和类型不同的两种资产。矿业税费制度以及矿业权有偿获得与流转制度，是以它们的资产属性为依据。

9.1 矿产资源资产

9.1.1 矿产资源的资产属性

我国《宪法》第九条、《民法》第八十一条都规定，矿产资源属国家所有。《矿产资源法》第三条明确规定："矿产资源属于国家所有，由国务院行使国家对矿产资源的所有权。地表或者地下的矿产资源的国家所有权，不因其依附的土地的所有权或者使用权的不同而改变。"这是矿产资源属于国家所有的法律依据。

对照资产的定义，矿产资源虽然不归企业所有，但在国家有偿转让给企业的矿业权许可的时间内，对许可的一定空间范围的矿产资源，可以依法支配，是企业所控制的；矿产资源价值可以通过矿床经济评价以货币计量；矿产资源是企业可用以生产出有价值的矿产品，通过市场交换为企业带来收益的经济资源，可见矿产资源具有资产属性，是国有资产。

矿产资源资产可定义如下：赋存于地壳表层一定空间范围、能被提取和利用、能用货币计量和在被开发后提供经济效益、在我国属于国家所有的地质体。

矿产资源具有实物形态，有一定数量、质量，是一种实物资产。

但矿产资源资产不计入企业的资产负债表。因为：在第2章所述的6类资产中矿产资源显然不是长期投资；它是劳动对象而不是劳动资料，且其实物形态在生产过程中将逐渐消失，因此不是固定资产；它是劳动对象，似与流动资产中的原料一样，但其数量巨大，不可能

在一个营业周期内全部变现，因此也不宜当流动资产；它具有实物形态，显然不是无形资产；它不是费用，因此不是递延资产；矿山时时刻刻在动用矿产资源，故也难以归入“没有特殊情况时不能动用的特种储备物资”的其他资产，即便归入其他资产，也是一种特殊的其他资产。

鉴于矿产资源资产难以归入目前6类资产，土地、森林、草原、海洋等自然资源资产也有类似情况，建议另设“资源资产”，将矿产资源资产归入“资源资产”。

但是，矿产资源的价值巨大，不论把它当作国家以股东身份投入企业的国有资本，计入所有者权益；还是当作企业的负债，都会使企业的资产负债率或者畸小，或者畸大。因此矿产资源资产不宜计入企业资产负债表。

9.1.2 矿产资源价值理论

9.1.2.1 *矿产资源有无价值的不同观点*

矿产资源是资产，资产应该有价值，据此，矿产资源应该也有价值；但矿产资源又是自然产物，而不是人类劳动的产物，是否有价值，就成为学术界有争议的问题，不同观点可概括为以下几类：

（1）矿产资源无价值。自觉或不自觉，明确或隐含地存在着这样一种观念：矿床是大自然的产物，不是人类劳动的产物，所以原本没有价值。经过勘查探明的矿产资源，凝结了人类的勘查劳动，才具有了价值；我国矿产勘查由国家投资，所以矿产资源归国家所有。

（2）矿产资源无价值，但有价格。陶树人教授的观点是：矿产资源无价值，但有价格。他认为：马克思在讨论地租时指出，“一切地租都是剩余价值，是剩余劳动的产物”，“地租是土地所有权在经济上的实现”（《资本论》第三卷，第715页），“土地所有权并不创造那个转化为利润的价值部分”，“而是使土地所有者，有可能把这个超额利润从工厂主的口袋里拿过来装进自己的口袋。它不是使这个超额利润创造出来的原因，而是使它转化为地租形式的原因”（《资本论》第三卷，第729页）。这就是说，未开垦的土地、瀑布、埋在地下的矿产资源，不是人类劳动的产物，没有物化在其上的无差异的

人类劳动，按劳动价值论的观点，没有价值。马克思指出，“价格形式不仅可能引起价值量和价格之间即价值量和它的货币量表现之间的量的不一致，而且还包藏着一个质的矛盾，货币虽然只是商品的价值形式，但价格可以完全不是价值的表现。有些东西本身并不是商品，例如良心、名誉等等，但是也可以被它们的所有者出卖以换取金钱，取得商品形式。因此，没有价值的东西在形式上可以具有价格。”（《资本论》第三卷，第121页）。本身不是商品，但可以有虚幻的价格，从而在形式上取得了商品的外貌，这种价格取决于使用土地、瀑布、矿产资源所创造的剩余价值。土地、瀑布、矿产资源的所有者所以能从农场主、采矿生产者手中取得地租和采矿权转让费，是因为土地、瀑布、矿产资源的稀缺性决定的土地所有权和矿产资源所有权的垄断。土地、瀑布、矿产资源的价格的高低，正如马克思指出的“地租的量完全不是由地租获得者决定的，而是由他没有参与、和他无关的社会劳动的发展决定的”（《资本论》第三卷，第717页）。也就是说土地、瀑布和矿产资源的价格，不是由土地、瀑布和矿产资源的所有者决定的，而是由使用土地、瀑布和矿产资源的使用者获得的超额利润或效用的高低，以及它们资本化后的数额决定的。这个超额利润或效用的高低取决于土地、瀑布和矿产资源的稀缺程度、替代品价格的高低、人类科学技术进步水平决定的人类利用土地、瀑布和矿产资源所能获得的超额利润的多少等。在社会主义市场经济条件下，为了加快我国国民经济的发展速度、增强国力，保证我国人口、环境、资源和经济的可持续发展，对没有价值的自然资源，虽然不具有商品的全部属性，但只要它有价格，并且有具体计算价格的方法，就可以在自然资源所有权垄断的条件下，取得商品的外貌，同样可以对自然资源实行资产化管理。实际上马克思主义的政治经济学理论已为确定自然资源的价格规定了切实可行的方法。因此，矿产资源与土地、水资源、瀑布和一切非人类劳动创造的自然资源一样，自身不具有价值，但有价格的观点是符合马克思主义政治经济学的基本原理，也是符合我国国情的，与微观经济学的定价理论也并不矛盾，也是可行的。

（3）矿产资源效用价值论。另一种观点认为矿产资源具有原有价值，源于其效用性和稀缺性以及由此而决定的资源的所有权和

垄断。

(4) 矿产资源多重价值论。有的人认为，矿产资源价值由潜在收益价值（即绝对矿租和第Ⅰ形态级差矿租）、勘查劳动创造的价值以及对矿业所致环境破坏的补偿价值三部分构成。有的人认为，矿产资源价值由其自身价值、权益价值和勘查劳动创造的价值三部分构成。

(5) 矿产资源具有原有价值。

9.1.2.2 矿产资源原有价值理论

我们也持上述第（5）种观点，矿产资源在被勘查前即具有原有价值。只说明矿产资源具有原有价值是不够的，还需说明该价值的构成、来源和评估方法，矿产资源具有原有价值才能真正站住脚。

A 矿产资源具有原有价值

我们认为矿产资源在被勘查前即具有原有价值，理由是：

首先，上述第一种观点认为，矿产资源在被勘查前原本没有价值。其问题是，资产能用货币计量，即资产有价值；因此资产必然有所有者。而没有价值的物质不成其为资产，没有所有权问题。如自然状态的阳光和空气有使用价值，而没有价值，无所谓所有权，人人可以无偿使用，不会成为有所有者的资产。如果认为矿产资源被勘查前原本没有价值，它就不是资产，没有所有者。但在不同的国家，矿产资源都有所有者，只是所有者不同。在我国，未被勘查的矿产资源也属于国家所有，说明矿产资源在被勘查前必然有价值。

其次，不论国家、地区、集体还是个人，由开发矿业而从长期贫困状态迅速脱贫致富的事实举不胜举。同样的人，何以投入矿业劳动，就能迅速致富？显然，仅用“勤劳致富”来解释是不够的。正说明他们的致富另有劳动以外的来源，即得益于并非他们的劳动所创造的矿产资源原有价值。

按上述第（1）种观念，矿产资源的价值在于凝结了勘查劳动，我国勘查投资来自国家，所以矿产资源归国家所有。据此逻辑，今后外资也可在我国投资矿产勘查，难道外资探明的矿产资源属外资所有吗？这是不可能的。不论是否经过矿产勘查，投资者是谁，在我国，矿产资源所有权都属于国家，是一种国有资产。再者，对禀赋优势较

优的矿产资源所需消耗的勘查社会必要劳动，要少于获得相同数量的禀赋优势较差的矿产资源所需消耗的勘查社会必要劳动，按矿产资源的价值在于凝结了人类的勘查劳动的观点，会得出优质矿产资源的价值低于劣质矿产资源的价值的结论。这显然是不合理的。

至于上述第（4）种观念是把与当今人类劳动无关的永远属于国家所有的矿产资源自身价值，与另一种由当今人类勘查劳动创造的价值混在一起，而后者应归其投资者所有。勘查投资不一定属于国家，特别是在市场经济体制下，国家一般不再是勘查投资者，所以勘查劳动创造的价值不一定属于国家所有。一项实物资产包含来源不同、属于不同所有者的价值，难免造成资产管理、收益分配等的混乱现象。

因此，矿产资源在被勘查前即具有价值，我们称之为矿产资源的原有价值。

B　矿产资源原有价值的构成

矿产资源不是人类劳动的产物，其原有价值无法用一般商品价值的衡量办法来衡量。矿产资源原有价值必然转入矿产品价值，我们可以从分析矿产品价格构成出发，分析矿产资源原有价值的构成。

在不考虑垄断这一特例和在供求平衡的市场条件下，矿产品的市场价格应包括以下 3 大部分：

（1）矿产勘查社会必要劳动所创造的价值。

（2）矿产开发社会必要劳动所创造的价值。

（3）超额利润。

以上（1）、（2）两种劳动中，活劳动和物化劳动构成各自的投资和成本，剩余劳动构成各自的利润。第（1）部分应归矿产勘查劳动投入者，详见下文；第（2）部分应归矿产的开发劳动投入者，毋庸赘述。

按马克思的地租理论，矿产品的市场价格中还必须包括除以上利润之外的利润，即上述第（3）部分，以便付给矿产资源的所有者，在我国，即付给国家。按马克思地租理论，按社会平均技术、管理水平测算生产成本，则该超额利润由绝对矿租、第Ⅰ形态级差矿租二者构成。它们从何而来？显然不是当前的矿产勘查、开发劳动所创造，只能是来自矿产资源的原有价值。

所以，矿产资源的原有价值＝绝对矿租＋第Ⅰ形态级差矿租。

C 矿产资源原有价值的来源

矿产资源原有价值从何而来？这属于政治经济学讨论的范畴，在此只作一些简要的探讨。

矿产资源效用价值论也主张矿产资源具有原有价值，但其理论依据实质上是效用价值论。我们认为恐怕不妥，效用价值论与劳动价值论本是相对立的理论。必须注意马克思的以下论述："一切地租都是剩余价值，是剩余劳动的产物"（《资本论》第三卷，第873页）。

我们认为，在当前技术经济条件下可以勘查、开发和能够利用的矿产资源，不论其禀赋优势优劣，均应有体现为绝对矿租的价值。因为，是人类千万年来从劳动中获得的知识的积累，才使某种地质体能为人类所利用，成为一种矿产资源。例如在石器时代，今天的金属矿产就不是矿产资源；在铜器时代，人类还不能利用铁，今天的铁矿在当时就不是矿产。随着人类在劳动中获得的知识的不断增长、积累，进入铁器时代，它们才成了铁矿。现在又不断有过去不能利用的"围岩"、"废石"成为新的可利用的非金属矿产。这些使人类能够利用某些地质体，使之成为矿产资源的知识，凝结了前人千万年来的劳动，所形成的价值的具体体现就是绝对矿租。

体现为第Ⅰ形态级差矿租的价值之有无与多少则取决于矿床的禀赋优势之优劣，而许多禀赋优势（非自然型禀赋优势、结合型禀赋优势）也与前人劳动有关。如采、选之难易，取决于当前采、选技术水平，而这些技术是前人千万年劳动中知识积累的结果；距交通线或用户之远近，取决于前人对当地国土开发的程度等。这些前人的劳动凝结在矿产资源中形成的价值，其具体体现就是第Ⅰ形态级差矿租。

由此可见，矿产资源中凝结了前人千万年来的劳动，使其具有效用性和一定的禀赋优势，构成其原有价值，具体体现为绝对矿租和第Ⅰ形态级差矿租。

D 矿产资源资产的收益和归属

资产都要有收益，绝对矿租和第Ⅰ形态级差矿租就是矿产资源资产的收益。因为，既然矿产资源的原有价值不是今天的任何人的劳动所创造，其具体体现——绝对矿租和第Ⅰ形态级差矿租，当然不应归

任何个人或少数人所有，只能作为资产收益，归所有者，即国家所有，也就是归全民乃至我们的后代共有。因此，不但任何个人或少数人不能单独占有，我们当代人也不能单独占有矿产资源，在满足当代人对矿产资源需求的同时，不能浪费和破坏，而必须十分爱惜和保护矿产资源，以留给共同的所有者——我们的后代。所以，承认矿产资源具有不是今天的任何人的劳动所创造的原有价值，甚至承认部分原有价值不是任何人的劳动所创造（如有用组分的富集），但只要确认矿产资源归全民所有，且矿产资源的资产收益确实由国家收取，那就不会造成任何个人或少数人独吞矿业超额利润（剩余价值）的不公平现象，不会背离社会主义制度，也不违反马克思主义的基本原理。

中共“十六大”政治报告为我们探讨国家收取矿产资源所有者收益的理论依据，开辟了新的思路。赵人伟、卫兴华、赖德胜等对中共“十六大”报告提出的收入分配问题进行了解读：报告提出“确立劳动、资本、技术和管理等生产要素按贡献参与分配的原则”，生产要素包括劳动、资本和土地（广义的土地还包括矿产资源、森林、草原、海洋资源等等自然资源）三大类，各种生产要素都有贡献是否意味着除了劳动创造价值以外，其他生产要素也都创造价值？是否用要素价值论取代劳动价值论？报告中关于“放手让一切劳动、知识、技术、管理和资本的活力竞相迸发，让一切创造财富的源泉充分涌流”的论述，回答了这个问题：各种生产要素的贡献是创造财富，而“创造财富”与“创造价值”是不同的。马克思主义的劳动价值论认为，劳动是价值的唯一源泉。但马克思在《资本论》中同时指出：“劳动并不是它所生产的使用价值即物质财富的唯一源泉。正像威廉·配第所说，劳动是财富之父，土地是财富之母。”在《哥达纲领批判》中也指出：“劳动不是一切财富的源泉。自然界同劳动一样也是使用价值（而物质财富就是由使用价值构成的！）的源泉。”从中可以明确两个概念：物质财富是指使用价值，而不是价值；除了劳动以外，自然界也是使用价值即物质财富的源泉之一。恩格斯在《劳动在从猿到人的转变中的作用》中具体指出：“自然界为劳动提供材料，劳动把材料转变为财富。”长期以来我们在强调劳动是价值的唯一源泉，坚持按劳分配原则的同时，对其他生产要素也为创造财

富做出了贡献，因而也应参与分配，忽视了或重视不够。

矿产资源为生产矿产品提供了必不可少的材料，显然为创造矿产品的使用价值（财富）做出了贡献，所以说，矿产资源为矿产勘查、开发劳动提供材料，矿产勘查、开发劳动把矿产资源转变为财富。国家作为矿产资源的所有者，当然应该按矿产资源为创造财富所做出的贡献参加矿产品销售收入的分配，即收取矿产资源所有者的收益。

综上所述，矿产资源是自然产物，究竟矿产资源资产所有者的收益是来自矿产资源的原有价值；还是矿产资源的价格；还是因为矿产资源是创造矿产品使用价值（财富）的源泉之一，理应通过参与矿产品销售收入的分配获得收益，这应该是政治经济学解决的问题。总之，矿产品价格中，客观存在着一定数额的超额利润（按马克思主义地租理论，即绝对矿租和第Ⅰ形态级差矿租）。所以，谁占有矿产资源，也就是占有了可用以获得超额利润的自然物质财富。但该超额利润又绝非都是今天的矿产勘查、开发劳动所创造，当然不能由矿业无偿占有，应该是矿产资源资产所有者的收益，在我国应归国家所有。否则会造成矿业独占了本不是由其勘查和开发劳动所创造，因而本不应归其所有的超额利润。

9.1.2.3 *矿产资源原有价值的评估*

评估的方法采用计时评价法。下面就我国计时评价的方法与其他国家作一个对比分析。

A *级差矿利* R_V

级差矿利是前苏联采用的矿床计时评价的方法：

$$R_V = \sum_{t=1}^{n} \frac{Z_t - S_t}{(1+r)^t} \tag{9-1}$$

式中 R_V——级差矿利；

Z_t——按极限费用算出的第 t 年矿产品的产值；

S_t——第 t 年投资和生产费用的和(不包括用于更新的折旧费)；

r——折现率。

极限费用是指某一时间内生产某种产品所允许的最高费用，即为满足国民需要所必须开采的条件差的矿山的生产费用。

可见公式的形式与净现值的公式一样，Z_t 类似现金流入，S_t 类似现金流出，但名称不是净现值，而是 R_V（ГОРНАЯ ДЕФЕРЕНЦИАЛЬНАЯРЕНТА），РЕНТА 既可译作地租，也可译作利润。依据的是马克思的级差地租理论，对矿山而言，加了一个“矿”，称之为矿山级差地租，或级差矿租，也有人译作级差矿利。

B *NPV* 与 R_V 的实质

a *NCF* 实质

生产期的 *NCF* 是扣除实际消耗的活劳动、物化劳动、税金后的净收益，实质是利润，但未还投资及其利息，不是纯利润。

b 折现的实质是从净收益中扣除平均利润

因为，已知现值求未来值的公式与已知本金，用复利法求本利和公式一样：

$$S = P(1 + i)^n$$

因此 S = 本金 + 利息。因 i 取平均利润率，故利息为平均利润。

S = 本金 + 平均利润。

折现——已知未来值求现值，即已知本利和求本金。S 相当于本利和，P 相当于本金，S 折现后剩下 P，即本金。换句话说，折现的实质就是扣除平均利润。

c 净现值的实质——超额利润

求净现值即进行折现计算。

如基建投资三年，每年末各投资 1000 万元，折现率 10%，折现至建设开始之日

$$\left.\begin{array}{l}\text{第 1 年末}\quad \dfrac{1000\text{万}}{1.1^1} = 909.09\text{ 万元}\\[2ex] \text{第 2 年末}\quad \dfrac{1000\text{万}}{1.1^2} = 826.45\text{ 万元}\\[2ex] \text{第 3 年末}\quad \dfrac{1000\text{万}}{1.1^3} = 751.31\text{ 万元}\end{array}\right\}\text{第 1 年年初 }NCF\text{ 的现值}-2486.85\text{ 万元}$$

即所需投资在建设开始之日不用准备 3000 万元，只要有 2486.85 万

元分成三笔，分别在银行存1年、2年、3年，1年期，到期取本利再存，到时本利和就可各有1000万元。

第4年初投产，每年净现金流量1000万元，即已扣除了消耗的活劳动，物化劳动（经营成本），上交税金，但还未偿还投资，还不能算纯利润。将其折现到建设开始之日：1000万/1.1^4 = 683.01万元。意味着，在建设开始之日，只要有683.01万元资金，存在银行，按平均利润水平，过了4年，连本带利，即可有1000万元本利和。故第4年的*NCF*（1000万元），相当于在建设开始之日，有资金683.01万元，加4年的平均利润。所以不算平均利润，第4年的净现金流量1000万元，可偿还建设开始之日的683.01万元资金。以后第5、6…各年*NCF*也在第1年年初的现值与第1年年初点投资现值相抵，就是扣除平均利润后偿还投资——这就是求*NPV*的过程。在此过程中：

NCF——收入中扣成本、税金；

折现——扣平均利润；

在第1年年初点与投资现值相抵——偿还投资。

若余额大于零，说明收回成本、投资，上交了税金，扣了平均利润还有富余，余下的是真正的利润，而且是一种超过了平均利润的利润，即超额利润。

从上面分析看出，*NPV*、R_V的实质都是扣除平均利润后所余的利润——超额利润。*NCF*、折现、*NPV*都有严格经济含义，不能随便拿个东西就折现。也不应对现金流量任意增减其所包含的项目。如：对利润进行折现，求利润的“净现值”；在*NCF*中取消投资，代之以折旧费；在*NCF*中先扣除社会平均利润等等。

d 我国和西方国家的净现值以及前苏联R_V三者的差别

我国的指标借鉴西方而来，故净现值，内部收益率，净现值率等名称和计算公式与西方相同，只是西方前面没有“*E*”、“*F*”。

地租是超额利润，*NPV*、R_V也是超额利润，相当于哪种地租？R_V为什么称“级差矿租”？

我国*NPV*与西文*NPV*及前苏联的R_V三者的计算公式在形式上是相同的，实质上它们都是超额利润。这是它们的共同点，但它们在

计算中各项参数取值不同。

在西方国家计算净现值时，价格取市场价格，费用取实际费用，从第 1 章图 1-1 可以看出，净现值所代表的是绝对地租、级差矿租 I 和级差矿租 II。

$$\text{西方 } NPV = \sum_{t=1}^{n} (\text{市场价} - \text{实际费用})_t \times (1+i)^{-t}$$

$$= \text{绝对地租} + \text{级差地租 I、II}$$

前苏联计算 R_V 时，矿产品价格取极限费用加平均利润，费用取同类矿平均费用，从图 1-1 可看出，R_V 是级差矿租 I 。矿山投产后，若经营管理水平高，则可以降低生产费用，获得高于预测值的净现值，反之，实际净现值将低于预测值。所以用级差矿利法可以衡量矿山经营水平的高低。

$$\text{前苏联 } R_V = \sum_{t=1}^{n} (\text{劣等矿生产价格} - \text{平均费用})_t \times (1+i)^{-t}$$

$$= \text{级差地租 I（矿产品价格} = \text{劣等矿生产价格）}$$

前苏联认为消灭了私有制，绝对地租不存在，名称即由来于此。

以前我国矿产品价格偏低，矿产品价格只是略高于极限费用，甚至低于极限费用，在 *FNPV* 计算中，价格用现行价格，费用取实际费用，得到的财务净现值所代表的超额利润只是代表级差矿租的一部分，有时财务净现值小于零，非但没有超额利润，平均利润也达不到，甚至收不回投资。

$$\text{我国 } NPV = \sum_{t=1}^{n} (\text{极限费用} - \text{实际费用})_t \times (1+i)^{-t}$$

$$= \text{级差地租的一部分，甚至达不到平均利润}, NPV < 0$$

在国民经济评价中，对不合理的价格进行了调整，采取“影子价格”，矿产品价格接近国际市场价格，费用仍取实际费用。

$$\text{我国 } ENPV = \sum_{t=1}^{n} (\text{影子价格} \approx \text{国际市场价格} - \text{实际费用})_t \times (1+i)^{-t}$$

$$= \text{绝对矿租} + \text{级差矿租 I} + \text{级差矿租 II}$$

总之，*NPV*为何物，取决于参与*NCF*计算的*CF*的种类。*NCF*中各参数取不同值，可计算不同的地租。这样对*NCF*中各参数恰当取值，计算所得*NPV*即矿产资源原有价值。

$$\text{矿产资源原有价值}(NPV) = \sum_{t=1}^{n} (\text{矿产品市场价} - \text{平均费用})_t \times (1+i)^{-t}$$

9.1.3　矿产资源资产的收益与矿业税费

常言道“名正言顺”，“名副其实”。我国目前征收的矿产资源税和资源补偿费究竟哪个体现国家对矿产资源资产所有权的收益，现行法规对此不明确，互相矛盾，互相重复。主要问题可概括为两句话：资源税——名不正；矿产资源补偿费——名不副实。造成的不良后果是矿业“税费名目多，征缴部门多，企业负担重，国企负担重，即‘两多两重’”[1]。根源是在理论上对矿业税费的性质认识不清。征收资源税和资源补偿费，实行矿产资源的有偿开采，相对于过去几十年的矿产资源无偿开采，无疑是一个历史性的进步，方向是正确的。但因“体制转轨时期对资源公有条件下国家财产权利和政治权力关系不甚清楚的历史局限性”[2]，存在一些问题也是难免的。

9.1.3.1　资源税的问题

立税“要有一个前提，即必须搞清矿产资源税费的性质。”[3] 首先，税收应是国家凭借政治权力强制性、无偿征收的。按我国现行法规，征收资源税是为了调节级差收益，“把矿山企业因资源丰度和开发条件优越而产生的超额收益，收归国有”[4]。据此，征收的应该是第Ⅰ形态级差矿租，可并没有对不具有级差收益的最劣等条件矿山可以免征资源税的规定，是普遍征收的，可见，实际征收的除了第Ⅰ形态级差矿租外，也包括绝对矿租。所以，按上文对第Ⅰ形态级差矿租

---

[1] 傅鸣珂，等．我国矿业税费制度改革与权利金制度建设刍议．资源·产业，1999(8)：7～9.

[2] 曾绍金．建立科学的矿产资源财产权利制度．资源·产业，1999（8）：1.

[3] 寿嘉华．加强资源税费理论研究深化税费体制改革．资源·产业，1999(8)：4～6.

[4] 张文驹，等．中华人民共和国矿产资源法实施细则条文解释．北京：地质出版社，1995，90～91.

和绝对矿租的分析，就资源税实际征收的对象，其性质应是国家凭借对矿产资源的所有权，以允许矿业权人勘查、开采矿产资源为代价，向矿业权人征收的矿产资源资产收益。也的确有人明确主张："矿产资源属于国家所有，所以要收资源税"。总之，资源税是国家凭借经济权力而不是凭借政治权力强制性、无偿征收的，不符合税收的性质，称之为"税"——"名不正"。

其次，在劳动、土地、资本三大类生产要素中，土地是广义的，除包括土地以外，还包括矿产资源在内的各种自然资源。如前所述，土地也产生级差收益，但对占用国有土地并没有由税务机关征收级差收益性质的"土地资源税"，何以对占用同是自然资源的矿产资源，要由税务机关对"因资源丰度和开发条件优越而产生的超额收益"征收"矿产资源税"？

再者，现行税率确定方法不合理，税率太高，矿山资源税负过重。如铁矿石资源税曾经是"国外资源税的6.5～15.6倍"[1]。有的铁矿山资源税占销售收入的12%，还有更高的。大大超出超额收益的范围。虽然现在铁矿石资源税有所降低，但仍偏高；其他矿种资源税负仍然过重。

9.1.3.2 *矿产资源补偿费的问题*

目前征收的矿产资源补偿费存在的问题：

首先，"经济内涵至今仍未有一个权威的定论……其概念相当混乱"[2]。按现行法规，征收矿产资源补偿费是"为了……维护国家对矿产资源的财产权益，"那么，它就属于国有资产收益。但从前述资源税的实际征收对象和性质可知，这又会使"资源税与矿产资源补偿费重复设置"。为与资源税相区别，针对资源税被称为是"把矿山企业因资源丰度和开发条件优越而产生的超额收益，收归国有"，即只提到级差矿租，未提到绝对地租，又把资源补偿费解释为绝对矿租。但现行矿业法规中并没有这样的表述，只能说是一种新解释，是

---

[1] 李新创．合理赋税是冶金矿山摆脱困境的重要前提．金属矿山，1995(10)：3～4.

[2] 吴鉴，等．以地租理论构筑矿产资源有偿收费的制度体系．资源·产业，1999(8)：10～11.

先收费，后找理由。若维持按现行法规以资源补偿费体现国家对矿产资源的所有权，则现行费率又偏低，远不足以体现国家对矿产资源所有权的收益。但鉴于资源税率太高，已使矿山不堪重负，又难以提高税率。

其次，国际上通行主要以收取权利金体现国家对矿产资源的所有权，如美国实行的矿产资源有偿占用制，政府征收三种费用，主要是权利金（Royalty），其次还有红利（Bonus）和租金（Rent），后二者占不到10%。政府征收的三种费用都属于矿产资源所有权收益，按矿产资源所依附的土地所有权的不同分配给土地所有者。分配给政府的大部分上缴美国国库，其余的用于建立水土保持基金和土地复垦基金，以及拥有联邦土地的州分享，都不用于矿产勘查，也不用于征管部门的费用[1]。资源补偿费作为国有资产收益当然应该纳入国家预算。但1996年底，由财政部，地质矿产部、国家计委联合发出的《矿产资源补偿费用管理暂行办法》（财基字［1996］1076号）第3条规定："矿产资源补偿费主要用于矿产资源勘查支出（不低于年度矿产资源补偿费支出预算的70%），并适当用于矿产资源保护支出和矿产资源补偿费征收部门经费补助预算"。实际上"坐支挪用现象严重"[2]，"地方这部分主要用于矿管部门的经费补助预算，基本上是用光、分光所剩无几"[3]。更有甚者，有的地方政府向矿管部门下令："不交票子，就交帽子。"使矿产资源补偿费被截留。总之，在有的地方，资源补偿费成了一种自收自支的财源，使人联想到应该清理、整顿的不合理收费。可见，我国目前征收的矿产资源补偿费的实际用途不当，不体现国家对矿产资源的所有权。所以说，矿产资源补偿费——"名不副实"。

再者，提出征收主要用于矿产勘查支出的资源补偿费时，矿产勘查费用仍然来自国家事业费拨款，也未实行矿业权有偿取得和流转制

---

[1] 王希凯．美国地质勘查活动的体制和机制．地质财会，1993（6）．

[2] 吴鉴，等．以地租理论构筑矿产资源有偿收费的制度体系．资源·产业，1999（8）：10～11.

[3] 赵云佳．现行地勘成果市场及管理政策的探讨．中国地质矿产经济学会1997年学术年会论文．

度，还有一定道理。现在已经制订并实施了矿业权有偿转让制度，国家通过收取由国家投资勘查的矿产地的矿业权价款，不仅可收回矿产勘查投资，还可获得合理利润。那再征收主要用于矿产勘查的矿产资源补偿费，就成了重复收费。今后随着国家将要取消对矿产勘查的事业费拨款，再由国家收取主要用于矿产勘查支出的矿产资源补偿费更没有道理。

以上“重复设置”、“重复收费”和“用途不当”三个问题，都使现行的矿产资源补偿费面临“即应取消”[1]的局面。

为了使矿产资源补偿费合理化并得以保留，于是提出取消资源税。

主张取消资源税，保留、加强甚至提高矿产资源补偿费，性质和名称改为权利金的人，却未同时论及改变现行法规对它的用途——“主要用于矿产资源勘查支出”——的规定。性质决定用途，用途应反映性质，二者应该是一致的。前已述及，国际上通行的权利金，其性质与用途就是一致的。

今后，国家除出资进行公益性地质工作外（其成果供全社会免费使用），一般不再出资进行矿产勘查，矿产勘查主要由企业出资。企业的勘查投入转化为矿业权资产，企业可将其作价列入资产负债表的资产方或负债方，或以折耗费（Depletion）的形式在所得税前逐步分摊列入成本（详见下文），或将每年的勘查费用列入当年成本，或通过矿业权的某种有偿转让方式，如抵押、出租、转让、折价入股等等，从而不但可以收回勘查投入，而且获得合理利润，成功的勘查企业还可以获得高额超额利润。因此政府不必再向矿山企业征收用于补偿勘查投入的“资源补偿费”，勘查投入只由出资的矿业企业回收一次，不会出现“重复收费”。

不难看出，以上矛盾现象的理论根源在于，把矿产资源的价值与勘查劳动创造的价值相混淆，把矿产资源所有者的收益与矿产勘查投资者的收益相混淆，把矿业权资产与矿产资源资产相混淆了。

9.1.3.3 改革方案1——建立权利金制度

---

[1] 朱学义，等．论矿产资源有偿开采的“三权”统一体系．资源·产业，1999(8)：19～22.

鉴于现行资源税和矿产资源补偿费制度存在着上述难以克服的矛盾，我们建议进行改革，借鉴国际惯例，建立矿产资源资产国家所有权收益的新的征收制度——权利金制度。

A　基本原则

（1）建立的权利金制度要有理论依据，要理顺产权关系、中央政府和地方政府之间的关系和政府部门之间的关系，做到“名正言顺”、“名副其实”；

（2）要有利于制订合理的征收标准，既使国有资产不至于流失，矿山负担也公平、合理；

（3）对有关各方的利益关系不作大的调整，不要造成地方政府财政收入和矿管部门收入的明显下降；

（4）要为遏制当前矿产资源的严重损失浪费现象，促进矿产资源的充分、合理利用，提供一个有效的经济手段。

B　改革要点

（1）资源税和矿产资源补偿费都取消。而不宜采取取消其中一个，将另一个改名，作为矿产资源资产国家所有权收益的改革办法。因为二者目前的征收标准、归属和用途，都不能正确体现矿产资源资产国家所有权的收益，只是改个名字，不利于彻底消除原有的弊病。

（2）国家开征矿产资源的资产收益，名称可与国际接轨，称之为“矿产资源权利金”，其经济内涵是源自矿产资源原有价值的绝对矿租和第Ⅰ形态级差矿租，体现国家作为矿产资源所有者的权益。

（3）权利金纳入政府财政收入，由中央和各级地方政府（特别是乡镇一级）按适当比例分享，以鼓励各级地方政府管好矿产资源的积极性。

（4）鉴于矿产资源在我国是国有资产和目前地矿业融通资金较困难的现状，建议从权利金中提取一定比例，建立地矿业基金，由矿管部门用于支持矿产勘查与开发。但要有偿使用，建立和健全该基金的回收、保值、增值机制。

（5）制定科学的评估方法，正确评估各具体矿山的绝对矿租和第Ⅰ形态级差矿租性质的超额利润。权利金总量可与目前的资源税和资源补偿费的总和大体相当。

（6）按扣除核定的合理采矿损失后的储量的消耗量（核征储量基数 = 消耗储量 ×（1 - 合理采矿损失率））征收权利金，合理的采矿损失率应按各矿山的具体开采条件和不同采矿方法核定。而不要按采出矿石量或销售收入征收。这将使滥采乱挖、采富弃贫者自身也遭受经济损失，从而使当前矿产资源的严重损失浪费现象有望得到有效遏制。矿山历来在年末要编制储量平衡表，储量的消耗量数据不难取得，此征收办法应具有可操作性。

（7）矿产资源管理是资产性管理，资产管理的核心任务是收取资产收益，离开这个核心，矿产资源管理将难以管好；另外，权利金的核定专业性较强。所以征收权利金应是国家矿产资源管理部门的职责。

（8）按收支两条线的原则，权利金征管经费不得从权利金开支。矿管部门作为政府机构，其行政经费（包括矿权金征管经费）与其他政府部门的经费一样，纳入政府经费预算，由财政拨付。

（9）应充分考虑矿业的高风险性和艰苦性，在核定权利金时给予矿业适当优惠。

（10）国家的勘查投资不要通过权利金来回收，国家的和非国家的矿产勘查投资及其合理利润，都应通过矿业权有偿取得和流转这一途径予以收回。

9.1.3.4　改革方案 2

如果仍保留资源税和资源补偿费，则建议进行以下改革：

（1）二者都改按扣除合理采矿损失后消耗的储量征收，理由与改革方案 1 相同，不再重复。

（2）重新科学核定资源税的征收标准，解决大部分矿种的资源税负担过重问题。

（3）如仍维持资源税的功能是“调节级差收益”不变，则应在有关法规中明确：资源补偿费的性质是绝对矿租，使之具备法理依据，二者互不矛盾，互不重复。

（4）既然资源补偿费的性质是绝对矿租，同矿种各矿山都应执行同一个征收标准，也应重新科学核定。

但应该说明，这并不是一个合理的改革方案。

9.2　矿业权资产

9.2.1　矿业权的资产属性

矿业权是从矿产资源所有权派生出来的他物权，按现行法规分为探矿权和采矿权。《中国矿业权评估准则》将矿业权定义为：矿业权包括探矿权和采矿权。探矿权是指在依法取得勘查许可证规定的范围内，勘查矿产资源的权利。采矿权是指在依法取得的采矿许可证规定的范围内，开采矿产资源和获得所开采的矿产品的权利。

他物权可以成为相对独立的另一种资产。初始矿业权属于国家。矿业权人在一级市场从国家有偿取得矿业权后；或国家把矿业权当作国有资本金投入企业后；或从矿业权二级市场有偿获得矿业权后；即成为企业的资产。它为企业所“拥有”或“控制”；可以用货币计量其价值；企业依此权利可投资对矿产资源进行勘查、开采，并加工为矿产品投放市场，从而获得投资收益；或通过依法转让矿业权获得收益。可见矿业权具有资产的属性，是与矿产资源有关的资产。

9.2.2　矿业权的权能中不包括国家矿产资源所有权中的收益权

所有权和经营权可以分离，国家可以把国有财产的经营权交给企业而保留所有权。财产所有权与财产经营权的区别体现为权能不同，据此，矿业权与矿产资源所有权的区别也应该在权能的不同上体现出来。

9.2.2.1　*所有权权能*

据《中华人民共和国民法通则》第七十一条：“财产所有权是指所有人对自己的财产享有占有、使用、收益和处分的权利。”据此，国家对矿产资源的所有权即为国家享有对矿产资源的占有、使用、收益和处分等四项权利。

9.2.2.2　*经营权权能*

我国法律、法规关于经营权的权能作出以下规定：

1988年4月14日颁布的《中华人民共和国全民所有制工业企业

法》对经营权的内容作如下规定："企业的财产属于全民所有，国家依照所有权和经营权分离的原则授予企业管理。企业对国家授予其经营管理的财产享有占有、使用和处分的权利。"

1992 年 7 月 23 日颁布的《全民所有制工业企业转换经营机制条例》也明确规定"企业经营权是指企业对国家授予其经营管理的财产享有占有、使用和依法处分的权利。"

1994 年 7 月 24 日颁布的《国有企业财产监督管理条例》对企业依法享有的法人财产权规定的具体内容是：企业对国家授予其经营管理的财产享有占有、使用和依法处分的权利，并均由企业自主行使。国家作为所有者行使选择经营者、收取资本收益、做出重大决策以及决定产权的变动和重组等出资者的权利。

以上法律、法规对经营权权能的规定与所有权的权能相比，都唯独少了一个对财产的收益权。因为，资产的所有权必须在经济上实现，即获得资产的收益，否则所有权岂非空话？所以，收益权一旦转让出去，等于实际上丧失了所有权。可见，转让经营权时不能包括收益权。这是我们必须明白无误地确认的。

9.2.2.3 矿业权权能

国家对矿产资源的所有权不能转让，但国务院不可能具体行使对矿产资源所有权的全部权能，必须将对矿产资源的勘查、开采的权利，即矿业权有偿转让给矿业权人。矿业权是由矿产资源所有权派生出来的权利，二者权能当然有所不同。

矿业权具有排他性，即对矿产资源的占有权；矿业权人具有对矿产资源进行勘查、开采、加工的权利，即对矿产资源的使用权；矿业权人具有转让自己以矿产资源为原料生产出来的矿产品的权利，即对矿产资源的处分权。由上述法律、法规对经营权的内容的规定可知，矿业权实质是对矿产资源的经营权。矿业权既然是经营权，按上述经营权的权能范围，就唯独不能具有对矿产资源的收益权。为保障在经济上实现对矿产资源的所有权，国家不能转让矿产资源的收益权。而矿业权人转让矿产品所获得的收益中显然包含矿产资源资产的收益，作为矿产资源的所有者，国家必须获得，也只有国家才能获得矿产资源资产的收益。

9.2.3　矿产勘查资料不能脱离矿业权单独转让

改革初期，曾经实行过“储量有偿占用”和“地质勘查资料有偿使用”，即“两个有偿”制度。时至今日，矿业权已经可以依法有偿转让，仍有地质队试图依据《矿产资源法》第二十八条的规定：“矿床勘探报告及其他有价值的勘查资料，按国务院规定实行有偿使用。”在矿业权有偿转让之外，单独“卖资料”。这还是“两个有偿”制度的延续，而实行“两个有偿”制度时，尚未实行矿业权有偿取得和转让制度。矿产资源法的以上规定已与现行的矿业权有偿取得和转让制度不相适应。

学术界也有一种观点认为，从矿产资源资产派生出来的资产，除探矿权和采矿权两种无形资产外，还有第三种无形资产——地勘成果资产。我们认为也不妥。

矿产勘查资料与矿业权相互依存，不可分割。只有矿业权而没有地质资料，在技术上不可能行使矿业权；只有地质资料而没有矿业权，在法律上不允许进行矿产勘查与开发。在实践中，没有矿业权的地质队试图单独转让矿区地质勘查资料，而矿业权人不愿买资料的事例不少见。因为有矿业权的企业往往宁可自己做地质勘查工作来获取必要的地质资料；甚至有这样的实例：云南一个取得了采矿权的小矿山企业，不愿再花钱从地质队买资料，就利用公开刊物上发表的论文所附该矿床的、比例尺大大缩小了的、只能说是示意性的勘探线剖面图，再放大后的图件，进行了开采。没有矿业权而卖不出去的勘查资料可谓一文不值（只有学术价值）。矿床勘探报告或勘查资料不能脱离矿业权单独有偿转让，它们是该矿业权的说明书，在转让矿业权时，理应同时转让这些资料。就像电视机与使用说明书不可能分别卖一样，哪有产品与产品说明书分别有偿转让的道理。

综上所述，矿业权与矿产勘查资料密不可分地共同构成一项资产——矿业权资产。国家矿管部门在收取由国家出资勘查所形成的矿业权价款而出让矿业权的同时；以及矿业权人在依法有偿转让矿业权的同时，都必须把与矿业权所涵盖的空间范围相对应的全部矿产勘查资料交给受让者。否则，于理、于法、于实情均行不通。上述《矿

产资源法》第二十八条的规定应尽快修改。

9.2.4　矿业权是递延资产

一般认为，矿业权作为一种权利，不具有实物形态，所以是一种无形资产。但是，矿业权必须依附于一个实物——一定空间范围的、一定数量和质量的矿产资源，所以，它与典型的不具有实物形态的无形资产如专利权等不完全一样。在西方会计制度中有递耗资产，其定义为："购买、测量、探测、发展等对自然资源的预付费用。当资源经挖掘、钻凿、砍伐而减少，其资产也随之按比例减少，称之为折耗费用。"据此，矿业权资产显然可归入递耗资产。我国会计制度中的递延资产虽未明确包括针对自然资源的费用，但与西方会计制度中的递耗资产相比，本质同样是费用，可以类比。故我们认为，可以与国际接轨，将矿业权资产归入递延资产。

矿业权资产应计入企业资产负债表，依据其取得矿业权的资金来源的不同，或计入所有者权益，或计入负债。

9.2.5　矿业权市场

1986年颁布的《矿产资源法》规定矿业权是行政审批授予，不具有财产权属性，不允许转让，当然也就没有矿业权市场问题。1996年修改后的《矿产资源法》确立了矿业权的有偿取得和依法流转制度，规定了矿业权可以有条件的转让；1998年国务院颁布了三个配套法规（《矿产资源勘查区块登记管理办法》、《矿产资源开采登记管理办法》、《探矿权采矿权转让管理办法》）；1998年和1999年统一按新的法律法规换发探矿权证和采矿权证，为矿业权市场建设做准备。从此，矿业权市场在我国逐步建立起来，是一个新生事物，目前仍不够完善。《中国矿业权评估准则》对我国矿业权市场的介绍如下：

矿业权市场是矿业权交易的场所，包括矿业权交易行为和经济关系的总和，可以是有形的，也可以是无形的。矿业权市场的主体包括市场管理者，矿业权交易当事人及有关中介组织；矿业权市场的客体是矿业权。

矿业权市场所包含的主要经济关系可概括为：矿产资源所有者与

矿业权人的关系；国土资源行政管理机关与矿业权人的关系；矿业投资人与矿业权人的关系；中介组织与矿业权市场交易主体的关系：这些经济关系表现为管理与被管理、服务与被服务、平等交易的相互关系。矿业权市场的这些经济关系是通过申请、审批、授予、买卖、合作、合资、委托等行为建立起来的。

9.2.5.1 矿业权市场的特征

矿业权市场的特征通过它的主体、客体和机制表现出来。

（1）矿业权市场的主体就是矿业权交换关系中的当事人。矿业权市场的主体由市场管理者、矿业权人（地勘单位、矿山企业、其他投资者）和中介机构（经纪人、评估机构、律师事务所等）构成。矿业权人和中介机构是一般民事主体，代表政府的市场管理者是矿业权市场的特殊民事主体。

（2）矿业权市场的客体是矿产资源的探矿权和采矿权，不是矿产资源本身。

（3）矿业权市场机制是竞争和竞争性并存的。国家作为矿产资源所有权人出让其矿产资源使用权，可以采用申请批准的形式，也可以实行公开招标、拍卖、挂牌的形式。矿业权人之间的转让在市场中是平等自愿的交易，矿业权人可以通过谈判、协商选择价优者成交。

9.2.5.2 矿业权市场结构

矿业权市场体系的结构，按矿业权所有者的不同分为一级（出让）市场和二级（转让）市场。

A 一级（出让）市场

一级（出让）市场是指矿业权登记管理机关以批准申请或竞争方式（招标、拍卖、挂牌方式）做出行政许可决定，颁布勘查许可证、采矿许可证的行为和因此而形成的经济关系。矿业权登记管理机关向申请人、投标人、竞得人出让矿业权即构成矿业权一级市场。

B 二级（转让）市场

转让是指矿权人将矿业权转移的行为，包括出售、作价出资、分立、合并、合资、合作、重组改制等方式。矿业权在一般民事主体之间转移构成矿业权二级市场。

9.2.5.3 矿业权市场的有关法律制度和规定

《中华人民共和国矿产资源法》、《中华人民共和国行政许可法》和国务院制定的矿产资源管理和矿业权管理的有关法规建立了一系列新的法律制度，这些法律制度进一步确立了国家对矿产资源管理和矿业权管理的法律地位，体现了市场对资源的配置作用，明确了国家与矿产资源勘查者和开发者之间的法律关系和经济关系。由于建立这些制度的目的是有差别的，制度的内涵也是不同的，必须清楚这些差别和不同之所在，才能避免在实际经济活动中混淆使用这些制度的概念。

A 勘查开采矿产资源的登记制度

勘查开采矿产资源登记制度是《中华人民共和国矿产资源法》确立的矿产资源管理的基本制度之一，其第二条规定“勘查、开采矿产资源，必须依法分别申请，经批准取得探矿权、采矿权，并办理登记”。《矿产资源勘查区块登记管理办法》和《矿产资源开采登记管理办法》中进一步规定了勘查开采矿产资源登记制度。

B 矿业权出让、转让制度

勘查开采矿产资源的登记制度在行政管理上体现为矿业权出让、转让制度。勘查开采矿产资源的申请被批准之时，就是矿业权被设立、出让之时。《中华人民共和国矿产资源法》第六条对允许矿业权转让的情形做出了规定，《探矿权采矿权转让管理办法》又对矿业权的转让条件、批准机关、审批程序做出了明确的规定。矿业权出让转让制度是矿业权市场建立的必备条件。

C 矿产资源有偿使用法律制度

矿产资源有偿使用法律制度是《中华人民共和国矿产资源法》确立的矿产资源管理的基本法律制度之一，其第五条规定“开采矿产资源，必须按照国家有关规定缴纳资源税和资源补偿费”。征收矿产资源补偿费是“维护国家对矿产资源的财产权益”（《矿产资源补偿费征收管理规定》）。矿产资源的有偿使用就体现在矿产资源的开采者要向国家缴纳矿产资源税和资源补偿费，这个制度体现的是国家的财产权益，维护的是矿产资源所有者的权益。

D 矿业权有偿取得法律制度

矿业权有偿取得法律制度是《中华人民共和国矿产资源法》确

立的矿业权管理的基本法律制度之一，其第五条规定“国家实行探矿权、采矿权有偿取得的制度”。以此为依据，《矿产资源勘查区块登记管理办法》进一步规定“国家实行探矿权有偿取得的制度”。《矿产资源开采登记管理办法》也规定“国家实行采矿权有偿取得的制度”。矿业权有偿取得制度体现的是国家的行政管理权利，而行政权力是必须依法行使的，不可以有任何随意性。

E 对国家出资勘查探明矿产地收取矿业权价款的规定

对国家出资勘查探明矿产地收取矿业权价款的规定是由国务院的三个法规确立的。这一规定是考虑国家作为矿产资源投资者的利益如何得到合理补偿的问题。三个法规规定了申请国家出资勘查并已经探明矿产地的探矿权或采矿权，应当缴纳国家出资勘查形成的探矿权价款或采矿权价款。矿业权人转让国家出资勘查所形成的探矿权、采矿权必须进行评估，并对国家出资形成的矿业权价款依照国家规定处置。

上述矿产资源有偿使用制度、矿业权有偿取得制度和矿业权价款规定是国家的三种不同身份的体现，其内涵和意义是完全不同的。虽然按现行法律法规，三个制度均由国土资源行政主管部门实施，但仍要按分别的程序和财务制度运行，概念不可混淆使用，涉及的款项是不能相互抵扣的。

9.3 矿业权价值的经济内涵

国家在一级市场有偿出让矿业权给矿业权人；矿业权人在二级市场可以依法有条件地转让矿业权，即矿业权可以流转。可见，矿业权具有商品属性。

矿业权作为商品，必然具有价值和价格。

2004 年版《矿业权评估指南》（以下简称《指南》）回避了“矿业权评估价值”经济内涵的解释。鉴于《指南》修改方案讨论过程中，认识仍不统一，2006 年修改方案仍暂未解释“矿业权评估价值”的经济内涵。但各评估方法的评估值必有其经济内涵，这是客观存在。《指南》（2004 年版）一方面回避了“矿业权评估价值”经济内涵的解释，一方面又提到：“采矿权 DCF 法和探矿权全投资现金流

DCF 法计算模型均是符合评估价值内涵的”。符合怎样的价值内涵？回避不了。

在 2008 年新制订《中国矿业权评估准则》中，对“矿业权评估价值”的经济内涵仍没有做出一个明确的表述。

“矿业权评估价值”（以下简称“矿业权价值”）的经济内涵是矿业权评估理论和方法的基础。因为矿业权评估当然可以采用不同评估方法，但不同评估方法应该“殊途同归”——评估值的经济内涵应该相同。否则，如果不同评估方法评估值的经济内涵各不相同，“殊途异归”，显然将不利于矿业权评估和矿业权市场的规范化。只有在明确“矿业权价值”经济内涵的基础上，才能对评估方法和评估结果是否科学、合理做出有理论依据的判断，才能使不同评估方法“殊途同归”。

9.3.1　矿业权价值的经济内涵的不同观点

一般商品的价值构成并不难确定，而矿业权作为商品，其特殊性在于，它所必须依附的矿产资源是自然产物，而不是人类劳动的产物。经过勘查以后，矿产资源实物没有发生变化，人类勘查劳动凝结在一个自然产物上，容易使矿产资源资产与矿业权资产二者产生混淆，导致对矿业权价值的不同观点。

（1）一种观点认为，矿业权价值 = 矿业权投资 + 矿业权投资收益。

但按此观点，对无勘查投入的矿产地，理论上其矿权不存在价值，这与现行国家出让“空白地”矿业权也要收矿业权价款矛盾。

（2）为解决此矛盾，另一种观点认为，矿业权价值的经济内涵是“矿业权投资（合理勘查投资）+ 矿业权投资的平均收益 + 矿产资源所有权人应分享的矿产开发的超额利润”。据此，矿业权价值被赋予包括矿产资源国家所有权收益的内涵。这虽可为现行国家出让“空白地”也要收取矿业权价款提供理论基础，但如前文所述，资源税和资源补偿费都被赋予体现国家对矿产资源所有权的收益的性质，已经有经济内涵重叠的问题了。再给矿业权价值赋予包括“矿产资源所有权人应分享的矿产开发的超额利润”的内涵，将进一步使矿

业权价款与资源补偿费、资源税的经济内涵产生重叠。

（3）我们认为，矿业权价款本来就不应该包含矿产资源所有权人应分享的矿产开发的超额利润：

首先，如上文所述，矿业权只能具有占有、使用、处分矿产资源的权能，唯独不能具有矿产资源的收益权，所以，矿业权价值本来就不应该包含矿产资源所有权人应分享的矿产开发的超额利润。

其次，矿业权不是对矿产资源的所有权，国家出让的是矿业权，并没有出让矿产资源所有权。国家完全可以名正言顺地以所有权人的身份，以一个名副其实的“名目”——如“权利金”——去收取矿产资源所有权人的收益（应分享的矿产开发的超额利润）。若国家凭借转让矿业权，却来收取作为矿产资源所有权人的收益，反而于理不通。

另外，若国家以收取矿业权价款，作为所有权的收益，也就是对矿产资源消耗的补偿，再以什么身份，什么理由收取资源税和资源补偿费？矿业权人把进入矿产品价格的矿产资源本身价值包含在矿业权价款里交给了国家，再拿什么去交资源税和资源补偿费？

再者，若规定一级市场矿业权价值要包含矿产资源所有者的收益，矿业权评估方法当然要符合此规定，而一级市场和二级市场适用同样的矿业权评估方法，则用同样方法评估在二级市场流转的非国家出资勘查形成的矿业权价值，必然也包含了矿产资源所有者的收益，但国家又拿不到，是否意味着国有资产流失？如果区分国家和非国家投资勘查两种矿业权价值，不但十分烦琐；而且在理论上也难以说明这两种矿业权价值的本质区别，也就难以制订出两套合理的评估方法，无法操作。

最后，矿业权人从一级市场有偿获得矿业权以后，在矿业权涵盖的空间范围内，又自行投资发现、探明了新的矿产资源，矿业权必然升值。这在几乎所有矿山都是经常发生的事情。对上述这些新探明的矿产资源的国家所有权收益如果也要通过矿业权价款来收取，势必要对全国数以万计的矿山的矿业权反复地、经常地、甚至年年进行评估和补充收取矿业权价款，工作量之大，恐难以操作。

总之，矿业权价款不能与资源税和资源补偿费互相穿插、互相重

叠，即便目前的资源税费不足以体现国家对矿产资源的所有权收益，也不要用矿业权价款来补充，以免造成更多的混乱。

9.3.2 矿业权价值的经济内涵

马克思主义的商品的价值与使用价值理论以及价值规律、矿产资源禀赋优势理论和马克思主义的地租理论，都是我们分析矿业权的价值和价格构成的理论基础。

矿业权价值的经济内涵应该是：矿业权投资（合理勘查投资）+矿业权投资的平均收益+矿业权人应分享的矿产开发的超额利润。理由是：

以上前两项的理论依据毋庸赘述。

第3项的理论依据是：

（1）按社会平均技术和管理水平测算的矿产开发超额利润（绝对地租和第Ⅰ形态级差地租），是矿产资源原有价值的具体体现，来源于矿产资源的效用性和禀赋优势。它们不是当今的勘查和开发劳动所创造，当然首先应属于国家，作为矿产资源所有权人的收益，占大头。

（2）矿业权人也应分享上述超额利润，但占小头。首先，矿业权人为矿产资源的隐含原有价值转变为现实超额利润做出了贡献，理应参与超额利润的分配；其次，矿业是高风险行业，应该有获得高盈利的机会，即进行了成功的矿产勘查、开发的矿业权人，应该有权获得超额利润；再者，勘查劳动除了体力劳动以外，还有大量脑力劳动。众所周知，在同一个地区，曾经有些人进行过勘查，只发现了小矿，或没有发现矿床；后来其他人却发现了矿床，甚至大型矿床。此类事例屡见不鲜。原因是，找矿要有正确的理论指导，丰富的实践经验，先进的技术手段，高超的智力，通过艰苦的脑力劳动，才能得出对成矿规律的正确认识，从而发现隐藏在地下的宝藏。可见，以上事例说明，后人的智力超过前人。所以，经过勘查劳动，发现矿床后的矿业权，包含矿业权人对矿体赋存规律的正确认识，即矿业权含有类似专利权、著作权、发现权等知识产权性质。对矿业权含有的知识产权性质的价值不能仅仅以投资及其平均利润来衡量，即应该含有超额

利润。还要注意，以上三点，不仅适用于转让矿业权人，也适用于受让矿业权人，故二者都应参与超额利润的分配。综上所述，应让矿业权人适当分享上述超额利润，并在转让者和受让者之间合理分配。矿业权人的技术和管理超出社会平均水平所产生的超额利润（第Ⅱ形态级差地租）则应归矿业权人（受让者）。

（3）国家不是凭借对矿产资源的投资，而是凭借政治权力掌握对矿产资源的所有权。而矿业权是由矿产资源所有权派生而来，国家无需进行勘查投资，即可以、也必须掌握初始矿业权，并收取初始矿业权人应得的收益——分享矿产开发的超额利润。此即现行国家“出让空白地”也要收取矿业权价款的理论依据。

（4）这不会使矿业权价款与资源补偿费、资源税的经济内涵产生重叠。

9.3.3 矿业权资产与矿产资源资产是两种不同的资产

综上所述，矿业权资产与矿产资源资产虽有密切关系，但却是不同的两种资产。矿业权与矿产勘查资料密不可分地共同构成递延资产，而矿产资源是实物性资产。矿业权与矿产资源所有权的权能不同；国家可以将矿业权有偿转让给矿业权人，矿业权也可以在矿业权人之间转让，但矿产资源所有权永远属于国家，不能转让；矿业权的价值构成与矿产资源的价值构成也不同；当然，两种资产的收益及其归属也完全不同，应注意勿相混淆。

目前在资源税、矿产资源补偿费、矿业权价款以及它们的征收标准和收益归属中出现的种种矛盾、重复、不合理、不公平现象的理论根源之一正在于此。

9.4 矿业权评估

矿业权评估是基于委托关系，矿业权评估机构和注册矿业权评估师，按照国家矿业权管理有关法律法规和矿业权评估准则，根据特定评估目的，遵循评估原则，依照相关评估程序，运用恰当的评估方法，对约定评估矿业权在一定时点的价值进行分析、估算并提供专业意见的服务行为和过程。

对矿业权价值进行分析判断的原理、计算模型及其参数等构成矿业权评估方法。

9.4.1 《中国矿业权评估准则》的评估方法

《中国矿业权评估准则》（以下简称《准则》）将评估矿业权价值的方法按技术路径分为三类，分别是成本途径、收益途径和市场途径。以下进行简要介绍。

9.4.1.1 收益途径评估方法

收益途径评估方法是基于预期收益原则和效用原则，通过计算待估矿业权所对应的矿产资源储量开发获得预期收益的现值，估算待估矿业权价值的技术途径，是一类评估方法的总称。应用收益途径评估的前提条件是：预期收益和风险可以预测并以货币计量，预期收益的年限可以预测和确定。

在《准则》中，该方法包括有：折现现金流量法、折现剩余现金流量、剩余利润法、收入权益法和折现现金流量风险系数调整法。

A 折现现金流量法

折现现金流量法（Discounted Cash Flow，DCF 法）通常是将项目或资产在生命期内未来产生的现金流折现，计算出当前价值的一种方法，或者为了预期的未来现金流所愿付出的当前代价，通常应用于项目投资分析和资产估值领域。资产估值领域中的折现现金流量法，是将一项资产的价值认定为该资产预期在未来所产生的净现金流量现值总和，并将其作为该项资产的评估价值。

矿业权评估中的折现现金流量法，是将矿业权所对应的矿产资源勘查、开发作为现金流量系统，将评估计算年限内各年的净现金流量，以与净现金流量口径相匹配的折现率，折现到评估基准日的现值之和，作为矿业权评估价值。计算公式为：

$$P = \sum_{t=1}^{n} (CI - CO)_t \times (1 + i)^{-t} \qquad (9\text{-}2)$$

式中 P——矿业权评估价值；

CI——年现金流入量；

CO——年现金流出量；

i——折现率（包括无风险报酬率和风险报酬率，矿产开发投资的合理报酬包含在折现率中）

t——年序号（$t=1, 2, \cdots, n$）；

n——评估计算年限。

CI 包括有：销售收入、回收固定资产残（余）值、回收的流动资金。CO 包括有：后续勘探投资、固定资产投资、无形资产的投资（包括土地使用权）、其他资产投产、更新改造资金、流动资金、经营成本、销售税金及附加、企业所得税。

折现金流量的适用范围：（1）适用于详查及以上勘查阶段的探矿权评估和赋存稳定的沉积型大中型矿床的普查探矿权评估；（2）适用于拟建、在建、改扩建矿山的采矿权评估，以及具备折现现金流量适用条件的生产矿山的采矿权评估。

B 折现剩余现金流量法

折现剩余现金流量法（Discounted Remained Cash Flow，DRCF 法），是将矿业权所对应的矿产资源勘查、开发作为现金流量系统，将评估计算年限内各年的净现金流量、逐年扣减与矿产资源开发收益有关的开发投资合理报酬后的剩余净现金流量，以与剩余净现金流量口径相匹配的折现率，折现到评估基准日的现值之和，作为矿业权的评估价值。计算公式为：

$$P = \sum_{t=1}^{n} (CI - CO - I_p)_t \times (1+i)^{-t} \tag{9-3}$$

式中 P——矿业权评估价值；

CI——年现金流入量；

CO——年现金流出量；

I_p——与矿产资源开发收益有关的开发投资合理报酬；

i——折现率（要与收益口径一致，不包括矿产开发投资的合理报酬）；

t——年序号（$t=1, 2, \cdots, n$）；

n——评估计算年限。

CI 和 CO 与 DCF 法相同：

$$I_p = \text{当年资产净值} \times \text{投资收益率}$$

折剩余现金流量的适用范围：（1）适用于详查及以上勘查阶段的探矿权评估和赋存稳定的沉积型大中型矿床的普查探矿权评估；（2）适用于拟建、在建、改扩建矿山的采矿权评估，以及具备折现剩余现金流量适用条件的生产矿山的采矿权评估。

C　剩余利润法

剩余利润法是通过估算待估矿业权所对应矿产资源开发各年预期利润，扣除开发投资应得利润之后的剩余净利润，按照与其相匹配的折现率，折现到评估基准日的现值之和，作为矿业权评估价值。计算公式为：

$$P = \sum_{t=1}^{n} (E - E_i)_t \times (1 + i)^{-t} \tag{9-4}$$

式中　P——矿业权评估价值；

E——年净利润（净利润 = 销售收入 - 总成本费用 - 销售税金及附加 - 企业所得税）；

E_i——开发投资利润（E_i = 当年资产净值 × 投资利润率）；

i——折现率（同 DCF 法）；

t——年序号（$t = 1, 2, \cdots, n$）；

n——评估计算年限。

剩余利润法的适用范围：适用于正常矿山的采矿权评估，对于勘查程度较高的探矿权评估也可以选用。

D　收入权益法

收入权益法是基于替代原则的一种间接估算采矿权价值的方法，是通过采矿权权益系数对销售收入现值进行调整，作为采矿权价值。计算公式为：

$$P = \sum_{t=1}^{n} [SI_t \times (1 + i)^{-t}] \times K \tag{9-5}$$

式中　P——采矿权评估价值；

SI_t——年销售收入；

K——采矿权权益系数；

i——折现率（同 DCF 法）；

t——年序号（$t = 1, 2, \cdots, n$）；

n——评估计算年限。

收入权益法适用范围：（1）适用于矿产资源储量规模和矿山生产规模均为小型的，且不具备采用其他收益途径评估方法的条件的采矿权评估；（2）适用于服务年限较短生产矿山的采矿权评估；（3）适用于资源接近枯竭的大中型矿山，其剩余年限小于5年的采矿权评估。

E 折现现金流量风险系数调整法

折现现金流量风险系数调整法，是针对地质勘查程度较低的稳定分布的大中型沉积矿产的探矿权价值评估而设定的一种评估方法。首先根据毗邻区矿产勘查开发的情况，采用折现现金流法或折现剩余现金流量法估算出评估对象的基础价值，然后采用矿产开发地质风险系数进行调整得到探矿权评估价值。

矿产开发地质风险系数，是针对地质勘查工作程度不足而设定的，反映因地质勘查工作程度不足所存在的地质可靠性低、开发风险高等情形。该系数一般通过对地质、采矿、选矿等因素进行半定量分析确定。

该方法的理论思想为：

（1）任何矿床未经必要的勘查工作控制，其资源储量的可靠性是很低的。

（2）假设评估对象的资源储量是可靠的，并可以预测其未来收益，可以用折现现金流量法或折现剩余现金流量法计算其价值。

（3）未经必要的勘查工作控制，资源储量的可靠性低，通过矿产开发地质风险系数调整。

计算公式为：

$$P = P_n \times (1 - R) \tag{9-6}$$

式中 P——探矿权评估价值；

P_n——采用折现现金流量法或折现剩余现金流量法估算的探矿权基础价值；

R——矿产开发地质风险系数。

该法的适用范围：适用于赋存状态稳定的沉积型矿种的大中型矿床中勘查程度较低的预查及普查区的探矿权评估。

9.4.1.2 收益途径评估时参数的确定

A 资源储量的处理

矿产资源储量是收益途径矿业权评估的基础，是十分重要的参数，它关系到生产规模和服务年限的确定。根据矿产资源/储量的经济意义、可行性评价和地质可靠程度，将固体矿产资源/储量分为储量、基础储量和资源量三大类16种类型。对参与评估计算的保有资源储量应结合矿产资源开发利用方案或（预）可行性研究或矿山设计分类处理：

（1）经济基础储量，属技术经济可行的，全部参与评估计算。

（2）内蕴经济资源量，属技术经济可行的，包括已通过（预）可行性研究、矿山设计或矿产资源开发利用方案编制并审查通过、基建和生产矿山，以及经分析对比，有理由认为是经济合理的项目，分类处理如下：

探明的或控制的内蕴经济资源量（331）和（332），全部参与评估计算。

推断的内蕴经济资源量（333）可参考（预）可行性研究、矿山设计、矿产资源开发利用方案或设计规范的规定等取值。（预）可行性研究、矿山设计或矿产资源开发利用方案等中未予利用的或设计规范未做规定的，采用可信度系数调整，可信度系数在0.5～0.8范围取值，具体取值应按矿床（总体）地质工作程度、推断的内蕴经济资源量（333）与其周边探明的或控制的资源储量关系、矿种及矿床勘查类型等确定。矿床地质工作程度高的，或（333）资源量的周边有高级资源储量的，或矿床勘查类型简单的，可信度系数取高值；反之，取低值。

简单勘查或调查即可达到矿山建设和开采要求的无风险的地表出露矿产（建筑材料类矿产等），估算的内蕴经济资源量均视为（111b）或（122b），全部参与评估计算。

（3）通过项目经济合理性分析表明，应属边际经济和次边际经济的，不参与评估。

（4）地质勘查报告、资源储量核实报告采用以往资源储量套改等原因出现的边际经济基础储量和次边际经济资源量原则上不参与评

估计算。但设计或实际利用的，或虽未设计或实际利用，但评估时进行经济分析认为属经济可利用的，可视为（111b）、（122b）全部参与计算。

（5）预测的资源量（334）？原则上不参与评估计算。

（6）采用折现现金流量风险系数调整法评估时，属技术经济可行的各类资源储量，包括推断的内蕴经济资源量（333）和预测的资源量（334）?，全部参与评估计算（不做可信度系数调整）。

B 生产能力

（1）对探矿权评估以及拟建、在建和改扩建项目的采矿权评估，应依据审批或评审的矿产资源开发利用方案或者管理部门核准生产能力文件等确定生产能力；未编制矿产资源开发利用方案（包括预可行性研究、可行性研究或初步设计等）的，管理部门又未对生产能力进行核定的，可根据矿产赋存和开采技术条件以及市场供求因素、法律法规要求等，按生产能力的确定原则、影响因素及估算方法，合理确定生产能力。

（2）对延续登记采矿权的生产矿山，应根据采矿许可证载明的生产规模或批准的矿产资源开发利用方案确定生产能力。

（3）对于国家进行开采总量宏观调控的矿种或者国家保护性开采特定矿种（如钨、稀土等），原则上应按管理部门下达的生产指标进行分析后确定生产能力。

C 服务年限

基本原则是：国土资源主管部门已确定采矿权出让有效期的，评估计算的服务年限为已确定的有效期。没有确定有效期的，矿山服务年限短于 30 年的，评估计算的服务年限按矿山服务年限计算；矿山服务年限长于 30 年的，评估计算的服务年限按 30 年计算。

D 产品销售价格

应根据产品类型、产品质量和销售条件，一般采用当地价格口径确定，可以评估基准日前 3 个年度的价格平均值或回归分析后确定评估用的产品价格；对产品价格波动较大、服务年限较长的大中型矿山，可以评估基准日前 5 个年度内价格平均值确定评估用的产品价格；对服务年限短的小型矿山，可以采用评估基准日当年价格的平均

值确定评估用的产品价格。

E　固定资产、无形资产及其他资产投资

(1) 固定资产投资全部按自有资金处理，不考虑固定资产投资借款。

(2) 除后续地质勘查投资外，其他的无形资产及其他资产投资不计入投资中。

(3) 依据矿产资源开发利用方案、(预) 可行性研究报告或矿山设计等资料中的固定资产投资数据，确定评估用固定资产投资时，合理剔除预备费用、征地费用、基建期贷款利息等，作为评估用固定资产投资。一般包括部分工程费用（如井巷工程、设备、房屋建筑物）和其他费用。

作为取值依据的资料必须是由具有规定资质的设计单位正式编制的。

(4) 根据评估基准日企业资产负债表、固定资产明细表列示的固定资产和在建工程账面值确定生产矿山采矿权评估用固定资产投资时，应按照收益途径评估方法规范中关于确定固定资产投资的要求处理。

(5) 改扩建矿山的采矿权评估中固定资产投资的确定，参照本指南上述相关规定处理。其固定资产投资一般包括原有固定资产的利用和改扩建新增投资两个部分。

(6) 对直接引用矿产资源开发利用方案、(预) 可行性研究报告或矿山设计等资料确定评估用固定资产投资明显不合理的，可以根据矿业权的具体情况重新合理确定评估用固定资产投资。对以评估基准日企业会计报表确定评估用固定资产投资明显不合理的，可以根据矿山原设计等资料及企业固定资产原值、净值构成，类比近期建设的相似矿山投资情况或根据设计概预算定额标准指标，对评估对象矿山的固定资产投资进行调整或重新估算，以确定评估用固定资产投资。

F　更新资金投入

(1) 房屋建筑物和设备采用不变价原则考虑其更新资金投入，即设备、房屋建筑物在其计提完折旧后的下一时点（下一年或下一月）投入等额初始投资（建设期初始投资）。

(2) 采矿系统（坑采的井巷工程或露采的剥离工程）更新资金以更新性质的维简费及安全费用方式计人经营成本。

G 流动资金

设定70%的流动资金为银行贷款（6个月至1年期短期贷款）、30%为自有资金，并据此设定计算财务费用。流动资金在矿山生产期按生产负荷分段投入。

H 成本费用

成本费用参数，可以参考矿产资源开发利用方案、（预）可行性研究报告或矿山设计等资料中的相关数据分析确定，但应考虑其时效性；也可以参考评估基准日企业财务会计资料分析确定。

参考评估基准日企业财务会计资料分析确定成本费用参数时，应当按社会平均生产力水平考虑。但历史平均值并不等同于社会平均生产力水平。

I 维简费、安全费用（煤矿）和井巷工程基金（井巷费用）

(1) 采矿系统维简费、安全费用和井巷工程基金，按有关部门的规定以原矿产量计提，计人总成本费用。

(2) 采矿系统所需的更新资金（维持简单再生产所需的固定资产性支出和费用性支出）以更新费用（更新性质的维简费、安全费用）方式计人经营成本。

煤矿，按财政部门规定维简费（不含井巷工程基金）的50%（更新性质的维简费）及全部安全费用作为更新费用计入经营成本。

对计提维简费的金属矿等，按评估计算的服务年限内采出原矿量和采矿系统固定资产投资计算单位矿石折旧性质的维简费，以按财政部门规定标准计提的维简费扣除单位矿石折旧性质的维简费后全部余额（但余额为负数时不计更新性质的维简费）及全部安全费用作为更新费用计人经营成本。

(3) 计提折旧、不计提维简费的盐湖等矿山以及某些基建时一次性投人全部开拓工程费用的小型矿山，可不考虑采矿系统更新资金投人，不计算更新费用。

J 相关税费

(1) 增值税，统一按一般纳税人适用税率计算。

（2）销售税金及附加，根据国家和省（自治区、直辖市）财政、税务主管部门发布的有关标准进行计算。

（3）企业所得税，统一以利润总额为基数，按企业所得税税率25%计算，不考虑亏损弥补及企业所得税减免、抵扣等税收优惠。

K　折现率

折现率按国土资源部的相关规定直接选取。

9.4.2　成本途径评估方法

成本途径是基于贡献原则和重置成本的原理，即现时成本贡献于价值的原理，以成本反映价值的技术路径。是一类评估方法的总称。目前在《准则》中包括有：勘查成本效用法和地质要素评序法。

9.4.2.1　勘查成本效用法

勘查成本效用法是采用效用系数对地质勘查成本进行修正，估算探矿权价值的方法。采用式（9-7）和式（9-8）：

$$P = C_r \times F = \left[\sum_{i=1}^{n} U_i \times P_i \times (1 + \varepsilon) \right] \times F \qquad (9\text{-}7)$$

式中　P——探矿权评估值；

C_r——重置成本；

U_i——各类地质勘查技术方法完成的实物工作量；

P_i——种类地质勘查实物工作量对应的现行价格和费用；

ε——岩矿测试、其他地质工作（含综合研究及编写报告）、工地建筑等间接费用的分摊系数；

F——效用系数：

$$F = f_1 \times f_2$$

f_1——勘查工作布置合理性系数；

f_2——勘查工作加权平均质量系数；

i——各实物工作量序号（$i = 1, 2, \cdots, n$）；

n——勘查实物工作量项数。

此公式适用于采用占各类勘查技术方法实物工作重置成本的一定比例（分摊系数）的方式估算间接费用的情形。

计算公式（9-8）为：

$$P = C_r \times F = [\sum_{i=1}^{n} U_i \times P_i + C] \times F \tag{9-8}$$

式中 C——岩矿测试、其他地质工作（含综合研究及编写报告）、工地建筑等间接费用；

其他符号意义同上。

式（9-8）适用于采用分项估算间接费用的情形，一般应根据现行费用水平确定。

该方法的适用范围：投入少量地表工作或浅部地质工作的预查阶段的探矿权评估，或者经过一定勘查工作后找矿前景仍不明朗的普查探矿权评估。

根据效用系数的定义，为勘探工作加权平均质量系数（f_1）和勘查工作布置合理性系数（f_2）的乘积。而勘查工作加权平均质量系数（f_1）是各类勘查工作质量系数与各类勘查工作的重置成本的加权平均值。因此，效用系数是通过评判勘查工作质量系数和勘查工作布置合理性系数进行确定的。

勘查工作质量系数，是为反映有关、有效各类勘查工作的质量而设定的系数。《矿业权评估参数确定指导意见》根据现行的地质勘查规范要求，给出勘查工作的质量评判，见表9-1。

表 9-1 勘查工作质量系数评判

档 次	评 判 标 志	修正系数建议范围
1	施工质量好，达到地质目的，获得的地质、矿产信息多，资料数据可靠，对后续勘查工作的指导意义大	2.00～3.00
2	施工质量较好，基本达到地质目的，获得的地质、矿产信息较多，对后续勘查工作有一定指导意义	1.00～1.90
3	施工质量一般，基本达到地质目的，获得的地质、矿产信息较少，对后续勘查工作指导意义不大。	0.5～0.99
4	施工质量较差，没有达到地质目的，获得的地质、矿产信息很少，资料数据老化，对后续勘查工作指导意义不大	0.01～0.49

勘查工作布置合理性系数（f_2），是为反映有关、有效勘查工作布置的合理性、必要性和使用效果而设定的系数。勘查工作布置的合理性、必要性和使用效果，根据现行勘查规范的要求，《矿业权评估参数确定指导意见》给出的评判见表9-2。

表9-2　工程布置合理性系数评判

档　次	评 判 标 志	修正系数建议范围
1	符合现行有关勘查规范要求，勘查技术方法对目标矿种必要性强，使用效果好，工程布置合理	1.01～2.00
2	基本符合现行有关勘查规范要求，勘查技术方法对目标矿种必要性一般，使用效果一般，工程布置基本合理	1.00
3	不符合现行有关勘查规范要求，勘查技术方法对目标矿种必要性欠强，使用效果差，工程布置重复或重复工作较多	0.01～0.99

9.4.2.2　地质要素评序法

该法基于贡献原则的一种间接估算探矿权价值的方法。具体是将勘查成本效用法估算所得的价值作为基础成本，对其进行调整，得出探矿权价值。调整的根据是评估对象的找矿潜力和矿产资源的开发前景。计算公式见式（9-9）和式（9-10）。

$$P = P_c \times \alpha = [\sum U_i \times P_i \times (1+\varepsilon)] \times F \times \prod_{j=1}^{m} \alpha_j \tag{9-9}$$

式中　P——地质要素评序法探矿权评估价值；

P_c——基础成本（勘查成本效用法探矿权评估价值）；

α_j——第j个地质要素的价值指数（$j=1, 2, \cdots, m$）；

α——调整系数（价值指数的乘积，$\alpha = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \cdots \times \alpha_j$）；

m——地质要素的个数。

$$P = P_c \times \alpha = C_r \times F = [\sum_{i=1}^{n} U_i \times P_i + C] \times F \times \prod_{j=1}^{m} \alpha_j \tag{9-10}$$

式中符号意义同前。

根据调整系数的定义，为各价值指数的乘积。因此，通过对价值指数的评判确定调整系数，《矿业权评估参数确定指导意见》给出的价值指数评判见表9-3。

表9-3 地质要素分类（m）及价值指数评判

要素分类	分级	要素标志	价值指数（建议范围）
Ⅰ区域成矿地质条件显示	1	区域成矿地质条件差，勘查区外围无关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点	0.05～0.99
	2	区域成矿地质条件一般，勘查区外围有关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点或矿床，但矿床的工业类型一般	1.00
	3	区域成矿地质条件好，勘查区外围有关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点、矿床，且矿床工业类型好	1.01～1.20
Ⅱ找矿标志显示	1	在评估对象范围内，找矿标志显示较弱，有关异常尚未验证	0.50～0.99
	2	在评估对象范围内，找矿标志显示较明显，有关异常较吻合，显示为矿致异常	1.00
	3	在评估对象范围内，找矿标志显示显著，有关异常吻合，并已验证为矿致异常	1.01～1.20
Ⅲ矿化强度及蕴藏规模显示	1	区域矿化强烈，并发现边界品位以上的矿体和零星资源	0.50～0.99
	2	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以下	1.00～1.49
	3	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以上	1.50～1.99
	4	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到中型矿床规模标准	2.00～2.49
	5	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到或超过大型矿床规模标准	2.50～3.30

续表 9-3

要素分类	分　级	要素标志	价值指数（建议范围）
Ⅳ矿石质量及选矿或加工性能显示	1	矿石质量差，选矿或加工性能差	0.50～0.99
	2	矿石质量中等，选矿或加工性能中等	1.00
	3	矿石质量好，经可选性试验，选矿或加工性能好	1.01～1.20
Ⅴ开采技术条件显示	1	矿体埋藏深，水工环地质条件复杂（Ⅲ类）	0.50～0.99
	2	矿体埋藏中深，水工环地质条件中等（Ⅱ类）	1.00
	3	矿体埋藏浅，水工环地质条件简单（Ⅰ类）	1.01～1.20
Ⅵ矿产品及矿业权市场条件显示	1	目标矿种矿产品市场供大于求，待评估探矿权尚无矿业活动和矿业权交易活动	0.50～0.90
	2	目标矿种矿产品市场供需平衡，待评估探矿权所在地区有矿业活动和矿业权交易活动，但均不活跃	1.00
	3	目标矿种矿产品市场供小于求，待评估探矿权所在地区矿业活动活跃，矿业权交易活动频繁，竞争激烈	1.01～1.50
Ⅶ基础设施条件显示	1	目标矿种要求的基础设施条件差	0.50～0.99
	2	目标矿种要求的基础设施条件基本具备	1.00
	3	目标矿种要求的基础设施条件好	1.01～1.20

该方法适用范围：主要用于普查阶段的探矿权评估，也用于能够满足要求的预查阶段的探矿权评估。其应用条件为：勘查区块内已进行较系统的地质勘查工作，有符合勘查规范要求的地质勘查报告或地质资料，并具备比较具体的、可满足评判指数所需要的地质、矿产信

息，在勘查区块外围有符合要求的区域地质矿产资料。

9.4.2.3 市场途径评估方法

市场途径评估方法是根据替代原理，通过分析、比较评估对象与市场上已有矿业权交易案例异同，间接估算评估对象价值的技术路径，是一类评估方法的总称。目前在中国矿业权评估准则中包括有可比销售法、单位面积探矿权价值评判法、资源品级探矿权价值估算法。

A 可比销售法

基于替代原则，将评估对象与在近期相似交易环境中成交，满足各项可比条件的矿业权的地、采、选等各项技术、经济参数进行对照比较，分析其差异，对相似参照物的成交价格进行调整估算评估对象的价值。

对详查以上探矿权及采矿权评估（含简单勘查或调查即可达到矿山建设和开采要求的无风险的地表矿产的采矿权评估），采用公式(9-11)：

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i \times \mu \times \overline{\omega} \times t \times \theta \times \lambda \times \delta)_i}{n} \tag{9-11}$$

式中 P——评估对象的评估值；

P_i——相似参照物的成交价格；

μ——可采储量调整系数；

$\overline{\omega}$——矿石品位（质级）调整系数；

t——生产规模调整系数；

θ——产品价格调整系数；

λ——矿体赋存开采条件调整系数；

δ——区位与基础设施条件调整系数；

n——相似参照物个数。

对于勘查程度较低阶段的探矿权评估，采用公式(9-12)：

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i \times P_a \times \xi \times \overline{\omega} \times \nu \times \varphi \times \delta)_i}{n} \tag{9-12}$$

式中 P——评估对象的评估价值；

P_i——相似参照物的成交价格；

P_a——勘探投入调整系数；

ξ——资源储量调整系数；

$\overline{\omega}$——矿石品位（质级）调整系数；

ν——物化探异常调整系数；

φ——地质环境与矿化类型调整系数；

δ——区位与基础设施条件调整系数；

n——相似参照物个数。

上述可比因素调整系数为：

$$\text{调整系数} = 1 - \left(1 - \frac{\text{评估对象的可比因素评判值}}{\text{相似参照物的可比因素评判值}}\right) \times \text{该可比因素的权重}$$

市场途径评估方法通常适用于各勘查阶段的探矿权及采矿权价值评估。其应用条件为：有一个较发育的、正常的、活跃的矿业权市场；可以找到相似的参照物；具备可比量化的指标、技术经济参数等资料。

B 单位面积探矿权价值评判法

在收集国内地质勘查相关统计资料、矿产资源储量动态信息、上市公司披露的地质信息报告、招、拍、挂公开披露的地质资料、公开市场类似矿业权交易情况信息、有关部门和组织发布或矿业权评估师掌握的有关信息基础上，综合分析评估对象实际情况，分析确定单位面积探矿权价值，从而估算评估对象价值的一种方法。

$$P = S \times P_a^1 \tag{9-13}$$

式中 P——评估对象的评估价值；

S——评估对象勘查区面积；

P_a^1——单位面积探矿权价值。

该方法适用于勘查程度较低、地质信息较少的探矿权价值评估。其应用条件是：勘查区域应做过相关的研究工作，并以其成果为基础；对勘查区域地质矿产特征有充分的了解；具备可以分析影响该评

估对象价值的资料。

C 资源品级探矿权价值估算法

在了解勘查区内金属矿产资源的品位和质级数据或有关信息基础上，与已知矿产地的品位质级价值相比较，分析确定单位资源品级价值，然后分析并合理确定矿业权价值占资源毛价值的比例，从而估算矿业权价值的一种评估方法。

$$P = Q_{\mathrm{d}} \times \varepsilon \times \omega \times c \tag{9-14}$$

式中 P——评估价值；

Q_{d}——资源储量；

ε——单位资源品级价值；

ω——资源品级；

c——矿业权价值占资源毛价值的比例。

该方法适用于勘查程度较低、地质信息较少的金属矿产探矿权价值评估。其应用条件是：充分了解该区域地质矿产特征；具备可以分析影响该评估对象价值的资料。

9.5 对矿业权评估方法的建议

9.5.1 《准则》DCF 法评估价值的实际经济内涵与缺陷

从《准则》给出的 DCF 法计算矿业权评估价值的公式不难看出，它是从矿产开发的现金流入中扣除受让者的后续投资、开发经营成本（实际消耗的活劳动和物化劳动）、各种税金、国家作为矿产资源所有权人应收取的收益（目前只能由资源税和资源补偿费来体现）后，再通过折现，扣除后续投资的平均收益，但未扣除转让者已投入的合理勘查投资及其平均收益。所以，DCF 法评估值的经济内涵是"转让者已投入的合理勘查投资 + 该投资的平均收益 + 扣除国家收取的所有权人收益后的矿产开发超额利润余额（以下简称：超额利润余额）"。

但该超额利润余额全部进入矿业权评估值，意味着转让者收取矿业权价款后，除了可以收回其合理勘查投资及该投资的平均收益以外，还能获得全部超额利润余额。而受让者则与该超额利润余额无

缘，这显然不公平。这是目前《准则》的 DCF 法存在的主要缺陷。

9.5.2 对《准则》DCF 法的修改建议

按上述笔者对矿业权评估价值经济内涵的理解，对 DCF 法提出以下修改建议。

9.5.2.1 投资核算

A 转让者的投资

a 勘查投资

以《准则》的勘查成本效用法为基础进行评估。

勘查对象是矿业权涵盖空间范围内的矿产资源；

探明程度是转让者勘查所达到的程度；

按以上范围和探明程度评估所需合理勘查年限和各年合理勘查投资；

还应该考虑勘查重置成本的平均利润，即按资金时间价值将转让者的各年勘查重置成本换算为评估基准年的现值（本利和）。

据此，对《指南》的勘查成本效用法计算公式建议修改如下：

$$S_k = \sum_{t=1}^{n} [U_{bit} \times P_{uit} \times (1+\varepsilon)]_t \times (1+r)^{(n-t)} \times F + \text{矿业权使用费} \tag{9-15}$$

式中 S_k——勘查重置成本现值；

U_{bit}——各年、各类勘查实物工程量；

P_{uit}——各年、各类勘查实物工程现行市价；

ε——其他地质工作、综合研究及编写报告、岩矿实验、工地建筑等四项费用分摊系数；

t——勘查年份；

n——勘查年限；

r——利率；

F——效用系数。

b 固定资产投资

取固定资产在评估基准日的净值为固定资产投资。

B 受让者的投资

受让者的投资包括受让者今后需要投入的合理的勘查投资、基建投资、更新改造投资和流动资金投资。

9.5.2.2 国家作为矿产资源所有权人应收取的收益

目前只能由资源税和资源补偿费来体现，即便目前此税费不足以体现矿产资源所有权人收益，也不应通过矿业权价款来补足。

9.5.2.3 评估超额利润余额

计算式如下：

$$R = \sum_{t=1}^{n} NCF_t \times (1+r)^{-t}$$

$$= \sum_{t=1}^{n} (CI - CO)_t \times (1+r)^{-t} \qquad (9\text{-}16)$$

式中 R——超额利润余额；

t——受让方未来勘查及开发年份；

n——受让方未来勘查及开发年限；

NCF_t——第 t 年净现金流量；

CI——年现金流入量；

CO——年现金流出量；

r——折现率。

现金流入（+）：

销售收入；

回收固定资产残（余）值；

回收流动资金。

现金流出（-）：

转让者的全部投资在评估基准日的现值；

受让者的后续投资，包括：勘查投资（指评估基准日后需补充勘查的投资）；固定资产投资；更新改造投资；流动资金投资；

经营成本；

销售税金及附加（含资源税和资源补偿费）；

企业所得税。

以上投资、成本均应按社会平均技术、管理水平取值。

9.5.2.4　矿业权评估值

超额利润余额应在转让者、受让者二者之间公平、合理地分配。建议可按双方投资比例分配。而超额利润的产生，并非仅仅与勘查投资有关，各种投资都为超额利润做出了贡献。所以，应按转让者与受让者的全部投资比例分配超额利润余额。

转让方矿业权评估值计算式如下：

$$R_{ma} = S_k + R \times S_a / P \quad (9\text{-}17)$$

式中　R_{ma}——转让方矿业权评估值；

S_k——转让方勘查重置成本现值；

R——超额利润余额；

S_a——转让方全部投资现值；

P——转让方全部投资现值与受让方未来全部投资现值的总和。

9.5.3　《准则》成本途径法的问题

通过成本途径所得矿业权评估值的实际经济内涵，基本不符合按我们对矿业权评估值经济内涵的理解，故我们认为该途径基本不可行。

9.5.3.1　成本途径评估值的实际经济内涵

（1）地质要素法基本思路是，由于普查阶段影响矿业权价值的地质因素难以量化，以至难以用 DCF 法进行评估；而勘查成本可以量化。故该方法以量化勘查重置成本乘以与成矿远景有关的调整系数计算矿业权价值。

但“矿业权价值与形成矿业权的成本不存在正线性关系”，所以不可能求得能准确体现矿业权价值的调整系数。尽管勘查重置成本可以测算得具有一定的“精度”，乘以一个不准确的调整系数，所得矿业权评估值没有“精度”可言。

（2）勘查成本效用法所得矿业权评估值的经济内涵仅仅包括勘查重置成本，连转让方勘查投资应得的资金平均利润都未包含在内，更未考虑成矿远景，即未考虑矿业权所涵盖的矿产资源被开发后可能

获得的超额利润的多少，这更不公平。

9.5.3.2 普查阶段建议用可比销售法

勘查程度虽低，总要对成矿远景做出预测，只有预测是肯定性的，才会继续勘查，矿业权才有转让的可能，才需要进行矿业权评估。只要能对成矿远景做出预测，就可以用可比销售法对未来获利做出预测，从而对矿业权做出评估。

以下介绍一个实例：20 世纪 90 年代初，我国某勘查公司与澳大利亚某公司进行合资合作勘查，组建合资合作勘查企业（Joint Venture），在该勘查公司进行分散流普查发现的铅锌异常区进一步开展铅锌矿的勘查。双方达成协议：勘查费用 420 万澳元由澳方提供，占 52% 股份。中方以其分散流铅锌异常区的矿业权，作价入股，占 48% 股份。找到矿并投入开发后，所获得的利润，由双方按出资比例（包括探矿权价格）分享。

按所占股份计算，中方矿业权值 388 万澳元，约 2000 万元人民币。中方分散流普查实际费用约 40 万元人民币，中方矿业权价值较普查实际费用升值约 50 倍。若用地质要素评序法，7 项地质要素的价值指数都取《矿业权评估参数确定指导意见》给出的最大值，调整系数最大不过 12.32，对上述实例，显然难以评估出高出勘查费用 50 余倍的矿业权价格，转让方岂不吃大亏。勘查成本效用法不乘以调整系数，亏得更大。

据澳方代表称，他们是基于认为该异常区可能找到世界级大铅锌矿，以及目前的勘查程度是分散流普查而接受该矿业权价格的。如果他们认为找矿远景没有这么大，价格不会这么高；如果勘查程度更高，价格可以更高些。不难看出，澳方接受的矿业权价格包含勘查成本和预期矿产开发可能获得的利润两部分。

由此可见，对勘查程度较低的矿业权，与其费力地“测算”出勘查成本现值，再根据对找矿远景的判断，给出一个不可能准确的调整系数，进行矿业权的间接评估；还不如用可比销售法，同样是根据对找矿远景的判断，预测远景储量，从而直接预测未来开发收益，参考勘查程度（费用），评估矿业权价值。但预测的超额利润要按投资分配，而不是全部计入矿业权价值。只是对成矿远景的评价和对未来

超额利润的估测是粗略的，而且风险很大，这本来就是矿业权评估的特点。

显然，评估者的知识和经验越丰富，水平越高，风险越小。

即便对找矿远景有不同认识，这本是在各勘查阶段中都普遍存在的，虽然会影响到与矿业权转让有关各方对矿业权价款评估出现差异，这可通过招投标、拍卖、挂牌或转让双方谈判解决。

参 考 文 献

[1] 陈希廉，张玉衡．矿产经济学［M］．北京：中国国际广播出版社，1992.
[2] 李万亨等．矿产经济与管理．北京：中国地质大学出版社，2000.
[3] 李祥义，李仲学．矿业经济学．北京：冶金工业出版社，2001.
[4] 陈希廉，袁怀雨．矿产资源禀赋论及其在矿山挖潜和西部大开发中的应用．中国矿山地质找矿与矿产经济．长沙：中南大学出版社，2000：30～45.
[5] 陶树人．矿产资源价值与价格．中国矿业，2000：9（5）．
[6] 舒航，陈希廉．矿床品位指标优化．北京：冶金工业出版社，1994.
[7] 李万亨，陈龙桂，杨昌明．矿产资源经济研究的回顾与展望．武汉：中国地质大学出版社，1994.
[8] 邢新田．国有地勘单位与矿业权．中国矿业联合会地质勘查协会会刊．2003（5）．
[9] 刘益康．神眼之光．北京：地质出版社，2007.
[10] 国家发展改革委、建设部发布．建设项目经济评价方法与参数[M]．第3版．北京：中国计划出版社，2006.
[11] 建设部标准定额研究所．建设项目经济评价案例［M］．北京：机械工业出版社，2006.
[12] 矿山地质手册（上）［M］．北京：冶金工业出版社，1995.
[13] 矿业权评估指南[M]．修订版．北京：中国大地出版社，2004.
[14] 中国矿业权评估师协会．中国矿业权评估准则[M]．北京：中国大地出版社，2008.
[15] 袁怀雨，苏迅，刘保顺，等．矿业权评估理论、方法、参数概论[M]．北京：中国大地出版社，2004.
[16] 运筹学[M]．第2版．北京：清华大学出版社，1990.
[17] 刘家顺，粟国敏．技术经济学[M]．北京：机械工业出版社，2004.
[18] 李安贵，张志宏，段凤英，等．模糊数学及其应用[M]．北京：冶金工业出版社，1994.
[19] 贺友多．炼铁学[M]．北京：冶金工业出版社，1980.
[20] 郑蕉，涂传清．Excel在多目标规划求解和灵敏度分析中的应用[J]．中国管理信息化（综合版），2007，10（9）：45.
[21] 李克庆，秦元萍，刘保顺，等．铁精矿品位优化通用系统[J]．北京科技大学学报，2005，27（1）：115.
[22] 袁怀雨，刘保顺，李克庆，等．水厂铁矿铁精矿品位整体动态优化[J]．北京科技大学学报，2005，27（4）：498.
[23] 石支良．铁精矿品位的多目标优化[J]．矿冶工程，2003，23（2）：46.